

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES



Evaluación de las especies *Lemna minor* L. (“Lenteja de agua”) y *Eichhornia crassipes* M. (“Jacinto de agua”) en remoción de materia orgánica biodegradable en efluentes de piscigranjas de la empresa acuícola Alto Mayo, provincia de Moyobamba-2014.

TESIS

**Para obtener el título profesional de:
INGENIERO SANITARIO**

Autor

NAYTI VANESSA, TUESTA FLORES.

Asesor

Ing.M.Sc. YRWIN FRANCISCO AZABACHE LIZA.

Código N° 06052414

MOYOBAMBA, 2016



ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OBTENER EL TITULO

PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO

En la sala de conferencia de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín-T sede Moyobamba y siendo las **Cinco** de la tarde del día Lunes 09 de Noviembre del Dos Mil Quince, se reunió el Jurado de Tesis integrado por:

Blgo. Pesq ESTELA BANCES ZAPATA

PRESIDENTE

Ing. RUBÉN RUIZ VALLES

SECRETARIO

Blgo. M.Sc ALFREDO IBAN DÍAZ VISITACIÓN

MIEMBRO

Ing. M.Sc. YRWIN FRANCISCO AZABACHE LIZA

ASESOR

Para evaluar la Sustentación de la Tesis Titulado **“EVALUACIÓN DE LAS ESPECIES *Lemna minor* L. (“Lenteja de agua”) Y *Eichhornia crassipes* M. (“Jacinto de agua”) EN REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA BIODEGRADABLE EN EFLUENTES DE PISCIGRANJAS DE LA EMPRESA ACUÍCOLA ALTO MAYO, PROVINCIA DE MOYOBAMBA-2014”**; presentado por la Bachiller en Ingeniería Sanitaria **NAYTI VANESSA TUESTA FLORES**, según Resolución Consejo de Facultad **N° 087-2014-UNSM-T-FE-CF de fecha 16 de Julio del 2014.**

Los señores miembros del Jurado, después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran: **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO** y nota **CATORCE (14)**.

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las **6:40pm** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.

Blgo. Pesq Estela Bances Zapata
Presidente

Ing. Rubén Ruiz Valles
Secretario

Blgo. M.Sc Alfredo Iban Díaz Visitación
Miembro

Ing. M.Sc Yrwin Francisco Azabache Liza
Asesor

DEDICATORA

A Dios por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Dedico al esfuerzo de mis padres, ya que sin su infinito apoyo no habría sido sencillo lograr mis objetivos profesionales, por brindarme sus sabios consejos para tomar decisiones firmes en todas las etapas de mi vida. A mis amigos que me apoyaron durante el desarrollo de la Tesis.

La Autora

AGRADECIMIENTO

A mi familia porque gracias a su apoyo y consejos he llegado a realizar una de mis metas, el cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir. Mi formación profesional.

A los docentes de la universidad nacional de San Martín en especial Ing. M.sc. Yrwin Francisco Azabache Liza, Ing. Samuel López Chávez, Blgo. M.sc. Alfredo Iban Díaz Visitación, Ing. Emerson Vela Noriega por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales y para la elaboración de mi tesis, por sus tiempos compartidos y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

La Autora

ÍNDICE

PAGINAS PRELIMINARES

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
INDICE.....	iii
INDICE DE CUADROS.....	v
INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE GRÁFICOS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	x

INDICE

CAPITULO I: El Problema de Investigación	1
1.1 Planteamiento del Problema.	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo General:	2
1.2.2 Objetivos Específicos:	2
1.3 Fundamentación Teórica.....	2
1.3.1 Antecedentes de la Investigación.	2
1.3.2 Bases Teóricas.	4
1.3.3 Definición de Términos	12
1.4 Variables	14
1.5 Hipótesis.	14
CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO	14
2.1 Tipo de Investigación	14
2.2 Diseño de Investigación.....	15
2.3 Población y Muestra	15
2.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos.....	16
2.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	18
CAPITULO III: RESULTADOS.....	19
3.1.1. Promedio de los Resultados de los parámetros Analizados en el laboratorio.....	34
3.1.2 Eficiencia de las especies de macrófitas en la remoción de materia orgánica biodegradable en los sistemas de tratamiento continuo y por tandas.	21
3.1.3 Resultados del crecimiento de las plantas acuáticas <i>Eichhornia crassipes</i> M. y <i>Lemna minor</i> L. en los sistemas de tratamiento por tandas y continuo.	32

3.1.4 Resultados De Parámetros Del Sistema Por Tandas..... 34

3.1.5 Resultados de Parámetros del Sistema Continuo..... 43

3.2 Discusiones..... 52

3.3 Conclusiones..... 54

3.4 Recomendaciones 55

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....70

ANEXOS.....73

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°01: Volumen total sistema por tandas.....16

Cuadro N°02 Promedio de los resultados en el sistema por tandas.....19

Cuadro N°03 Promedio de los resultados en el sistema continuo.....20

Cuadro N°04: Longitud de raíces- sistema por tandas.....32

Cuadro N°05: Longitud de raíces- sistema continuo.....33

INDICE DE TABLAS

Sistema Por Tandas

Tabla N°01: Turbiedad.....	34
Tabla N°02: SST.....	35
Tabla N°03: pH.....	36
Tabla N°04: Temperatura.....	37
Tabla N°05: Oxígeno Disuelto.....	38
Tabla N°06 – Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	39
Tabla N°07- Demanda Química de Oxígeno.....	41

Sistema Continuo

Tabla N°08: Turbiedad.....	43
Tabla N°09: SST.....	44
Tabla N°10: pH.....	45
Tabla N°11: Temperatura.....	46
Tabla N°12: Oxígeno Disuelto.....	47
Tabla N°13 – Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	48
Tabla N° 14- Demanda Química de Oxígeno.....	50

INDICE DE GRAFICOS

Sistema Por Tandas

Gráfico N°01: Turbiedad.....34

Gráfico N°02: SST.....35

Gráfico N°03: pH.....36

Gráfico N°04: Temperatura.....37

Gráfico N°05: Oxígeno Disuelto.....38

Gráfico N°06 – Demanda Bioquímica de Oxigeno.....39

Gráfico N°07- Demanda Química de Oxigeno.....41

Sistema Continuo

Gráfico N°08: Turbiedad.....43

Gráfico N°09: SST.....44

Gráfico N°10: pH.....45

Gráfico N°11: Temperatura.....46

Gráfico N°12: Oxígeno Disuelto.....47

Gráfico N°13 – Demanda Bioquímica de Oxigeno.....48

Gráfico N° 14- Demanda Química de Oxigeno.....50

RESUMEN

En la presente tesis se trabajaron con plantas acuáticas *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.* desde Julio hasta octubre del 2014, cultivados en fluentes de piscigranjas en la ciudad de Moyobamba, este estudio busca mejorar más la calidad del efluente utilizando las plantas acuáticas, realizando un tratamiento previo antes de ser vertido a un cuerpo receptor (Quebrada), cumpliendo con límites Máximos Permisibles de descarga de agua.

Se realizó un estudio utilizando plantas acuáticas flotantes (*Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.*) para remover la materia orgánica biodegradable en efluentes de piscigranjas teniendo una planta piloto con dos sistemas de tratamiento: Un sistema por Tandas y un sistema Continuo.

El sistema por tandas consistió en la aplicación de plantas acuáticas con *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.* utilizando el efluente de las piscigranjas para analizar el efecto depurador de las plantas acuáticas, teniendo un reactor de control (sin siembra de plantas), y tres reactores los cuales funcionaron como sistemas por “tandas”, desarrollándose con homogeneidad en el tamaño de los estanques (sembrando en el primer estanque *Lemna minor L.* en el segundo estanque *Eichhornia crassipes M.* y el tercer estanque *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.*).

El sistema continuo consistió en un flujo lento de 0.71 m³/h del efluente de piscigranjas atravesando estanques con diferentes niveles de agua poco profunda, en las cuales las plantas acuáticas flotantes *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.* fueron cultivadas trabajando con un reactor de control (sin plantas), y tres reactores los cuales funcionaron como sistemas “continuos”,(Sembrando en el primer estanque *Lemna minor L.* en el segundo estanque *Eichhornia crassipes M.* y el tercer estanque *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.*).

En ambos sistemas en el sistema por tandas y en el sistema continuo, las plantas acuáticas mantienen las condiciones de degradación aeróbica de la materia orgánica y sedimentos filtrados, gracias a sus raíces, donde se desarrolla una intensa actividad de microorganismos.

En el transcurso de la investigación se evaluó el crecimiento de las plantas acuáticas

especialmente de sus raíces que se extienden hacia abajo dentro de la columna de agua y la capacidad de remover materia orgánica biodegradable, realizándose por cuatro meses análisis fisicoquímicos entre ellos de turbiedad, pH, sólidos suspendidos totales, temperatura, oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno, y luego ser comparados con los Límites Máximos Permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipalidades (DECRETO SUPREMO N°003-2010-MINAM) y de esta manera ver la eficiencia de la remoción de materia orgánica por cada parámetro y sistema analizado.

En la investigación realizada se concluye que el sistema continuo es mucho más eficiente en la remoción de materia orgánica al 50% que el sistema por tandas, siendo más eficiente el reactor 04 con plantas acuáticas *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.* ya que sus raíces tienen la capacidad de remover los sólidos suspendidos totales del efluente de aguas de la piscigranjas y logrando reproducirse las plantas al 100% del espacio de los reactores. Debido a que existe movimiento continuo del agua y eso hace que las plantas tengan un mejor desarrollo y exista una mayor remoción de materia orgánica en los efluentes de las piscigranjas.

Concluyendo que las plantas acuáticas *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.* cumplen con la función de remover la materia orgánica biodegradable significativamente en los reactores intervenidos en el sistema por tandas y en el sistema continuo.



ABSTRACT

At the present thesis they were employed with *Lemna minor* L. and *Eichhornia crassipes* M. water plants from July until October, 2014, cultivated in fish farms fluent in Moyobamba city, this study seeks to improve more the quality of the effluent one using the water plants, realizing a previous treatment before there being spilt to a body recipient (Gully), expiring with Maximum Permissible limits of water unload.

A study was realized using floating water plants (*Lemna minor* L. and *Eichhornia crassipes* M.) to remove biodegradable organic matter in effluents from fish farms taking a pilot plant with two systems of treatment: a system in batches and a continuous system.

The system in batches consisted in the application of *Lemna minor* L. and *Eichhornia crassipes* M. aquatic plants using the effluent from fish farms to analyze the purifying effect of the aquatic plants, taking a reactor of control (without planting of plants), and three reactors which functioned as systems by "Shifts", develop with homogeneity in the ponds size (planting in the first pond *Lemna minor* L. in the second pond *Eichhornia crassipes* M. and the third pond *Lemna minor* L. and *Eichhornia crassipes* M.).

The continuous system consisted in a slow stream of 0.71 m³/h of the fish farms effluent crossing ponds with different levels of shallow water, in which the *Lemna minor* L. and *Eichhornia crassipes* M. floating aquatic plants were cultured working with a reactor of control (without plants), and three reactors which functioned as "seamless" systems, (planting in the first pond *Lemna minor* L., in the second pond *Eichhornia crassipes* M. and the third pond *Lemna minor* L. and *Eichhornia crassipes* M.).

In both systems in the system in batches and in the continuous system, aquatic plants maintain the conditions of aerobic degradation of organic matter and sediment filtered, thanks to their roots, where it develops an intense activity of microorganisms.

In the investigation course, it was evaluated the growth of aquatic plants especially of its roots which extend down within the water column and the ability to remove biodegradable organic matter, to be carried out by four months the physiochemical analysis between them turbidity, pH, total suspended solids, temperature, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand and Chemical Demand of Oxygen, and then be compared with the Maximum Permissible Limits for effluents of wastewater treatment plants of domestic or Municipalities



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA



CENTRO DE IDIOMAS

(SUPREME DECREE N°003-2010-MINAM) and in this way see the efficiency of the organic matter removal for each parameter and analyzed system.

In the investigation had concluded that the continuous system is much more efficient in the removal of organic matter to the 50% that the system in batches, being more efficient the reactor 04 with *Lemna minor* L. y *Eichhornia crassipes* M. aquatic plants, because its roots have the ability to remove the total suspended solids in the effluent of the waters of the fish farms and achieving reproduced plants to 100% of the space of the reactors due to the fact that there is continuous movement of water and that makes plants have a better development and greater organic matter removal in the effluent from fish farms.

Concluding that aquatic plants *Lemna minor* L. and *Eichhornia crassipes* M. comply with the function of removing biodegradable organic matter significantly in the reactors operated in the system in batches and in the continuous system.

Key words: water plants, organic matter.

CAPITULO I: El Problema de Investigación

1.1 Planteamiento del Problema.

El tratamiento de los efluentes de las acuícolas es una necesidad que tiene la sociedad para proteger su medio ambiente y garantizar el bienestar humano, pues éstas configuran un peligro potencial para la salud pública, ya que a través de las mismas se pueden transmitir innumerables enfermedades; lo cual genera grandes impactos negativos a la población y la economía de los países.

La degradación ambiental causada por los efluentes de la acuicultura, es hoy en día uno de los aspectos de mayor atención. El efluente de la acuicultura puede contener una variedad de constituyentes que podrían causar impactos negativos al ambiente cuando son liberados.

El suministro de alimento al cultivo, es el principal causante de deterioro de la calidad del agua. Los nutrientes en los efluentes acuícola provienen de los fertilizantes y alimento usados para la producción de la especie en cultivo. Algunas veces se aplican fertilizantes orgánicos (estiércol animal u otros subproductos agrícolas) a los estanques; éstos contienen nitrógeno y fósforo que quedan en el agua a medida que los microbios los descomponen, los efluentes provenientes de las piscigranjas que drenan a los canales, son causantes de la eutrofización y reducción de la calidad del agua en los ríos receptores.

Uno de los mayores problemas de la producción acuícola es el aumento de materia orgánica producida por las excretas de los peces, por la sobrealimentación y por otros insumos adicionados en los estanques de cultivo. El agua que sale del estanque (efluente) va hacia una fuente natural, generando variaciones y causando contaminación.

Estas consideraciones permitieron plantear la siguiente interrogante:

¿En qué medida la evaluación de especies *Lemna minor* L. (“Lenteja de agua”) y *Eichhornia crassipes* M. (“Jacinto de agua”) remueven la materia orgánica biodegradable en efluentes de piscigranjas de la empresa acuícola Alto Mayo, Provincia de Moyobamba-2014?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General:

Evaluar las especies *Lemna minor* L. (“lenteja de agua”) y *Eichhornia crassipes* M. (“Jacinto de agua”) en la remoción de materia orgánica biodegradable en efluentes de las piscigranjas de la empresa acuícola Alto Mayo Provincia de Moyobamba-2014.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- ✓ Determinar los porcentajes de remoción, principalmente de materia orgánica biodegradable en los efluentes de piscigranjas de la empresa Acuícola Alto Mayo; mediante el cultivo de plantas acuáticas *Lemna minor* L. (“Lenteja de agua”) y *Eichhornia crassipes* M. (“Jacinto de agua”) en un sistema de Planta Piloto.
- ✓ Determinar el punto óptimo de crecimiento de las plantas acuáticas bajo condiciones controladas de cosecha.
- ✓ Comparar la eficiencia de las especies de macrófitas para la remoción de materia orgánica biodegradable y evaluar los tratamientos y las eficiencias de remoción a escala de laboratorio bajo condiciones continuas y controladas.

1.3 Fundamentación Teórica

1.3.1 Antecedentes de la Investigación.

Mariana Romero Aguilar, Arturo Colín Cruz. Cuernavaca- México, (2009), Tratamiento de Aguas residuales por un sistema Piloto de Humedales artificiales: Evaluación de la Remoción de la carga Orgánica.

El establecimiento de bacterias en el sistema, tanto en el sustrato como en las raíces de las plantas, ayuda a la remoción de materia orgánica y de los nutrimentos del agua residual que está bajo tratamiento. Los microorganismos son la parte principal del funcionamiento de los humedales artificiales, ya que de estos depende la eficiencia en la remoción de los contaminantes. Los compuestos orgánicos, nitrogenados y fosforados son transformados a formas más simples y

por lo tanto, más fáciles de eliminar el sistema. Es indudable que los humedales artificiales son ecosistemas que pueden ser utilizados para el tratamiento de aguas residuales de una manera segura, confiable, estética y económica.

Zarela Milagros García Trujillo. Lima (2012). En su trabajo de Investigación “Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales Domésticas, Lima - Perú”

En su investigación llegaron a la conclusión que el sistema por tandas la capacidad de remoción de la turbiedad fue de 52% en el control, en el reactor con lenteja de Agua de un 72% y en el reactor con Jacinto de agua un 65%. Con respecto al parámetro de oxígeno disuelto, solo hubo presencia de remoción en un 73% en el reactor cubierto con Jacinto de agua, mientras que el control y lenteja de agua existió un incremento de 35% y 24% respectivamente.

La remoción de la Demanda Bioquímica de oxígeno, DBO5 fue del 96.75 y la capacidad de remoción de nutrientes fluctuó de un 50 % a un 100%, con un periodo de retención de 5 días utilizando *Lemna mino L.*

El tratamiento con *Eichhornia crassipes M.* mostro una remoción de nutrientes que osciló entre los 5% al 86% con un periodo de retención de 5 días, mientras que el DBO5 presento una remoción de 26.7% en un periodo de 2.5 días.

María Rodríguez y Karen García. Moyobamba (2012). En su trabajo de investigación “Depuración de aguas servidas, utilizando especies acuáticas, en la ciudad de Moyobamba”.

En su investigación llegaron a la conclusión de que la *Eichhornia crassipes* (“Jacinto de agua”) fue la especie más eficiente en el tratamiento de aguas residuales domésticas, debido a las altas remociones alcanzadas en la mayoría de los parámetros como, 85.5% para Coliformes Totales, 77.7 % para Nitratos, 73.5% para Coliformes termotolerantes, 66.1% para la DBO5, 60% para Sólidos Suspendidos Totales; además esta especie es de fácil adaptación, habilidad que le permite habitar en distintos medios acuáticos, sobre enriquecidos de nutrientes.

Melissa Flores. Moyobamba (2014). En su trabajo de investigación “Aplicación de humedal artificial con macrófitas flotantes en la recuperación de las aguas residuales domésticas, Moyobamba – San Martín”.

Afirma que en su trabajo de investigación durante la etapa de caracterización fisicoquímica y microbiología del agua residual proveniente de la Urb. Las Flores, la temperatura oscila entre 21 y 23°C el cual hace propicio el crecimiento de la *Eichhornia crassipes*, la turbiedad del efluente del humedal varía entre 5 y 32 UNT, dependiendo del comportamiento del agua y las condiciones climáticas, el DBO5 de salida llega a bajar hasta 25 mg/l, en cuanto a los Coliformes fecales los valores son reducidos hasta 550 UFC/100 ml y para los sólidos suspendidos totales los valores se alternan entre 30 y 100 mg/l.

1.3.2 Bases Teóricas.

A. Plantas acuáticas.

Las plantas acuáticas son aquellas que requieren una gran cantidad de agua en sus raíces para vivir, crecen en medios muy húmedos y completamente inundados, básicamente tienen los mismos requerimientos nutricionales de las plantas terrestres. Se pueden clasificar en flotantes, sumergidas y emergentes.

Flotantes: Son aquellas que tienen sus partes sintetizadoras sobre la superficie y sus raíces se extienden hacia debajo de la columna de agua. Las raíces no solo sirven para extraer nutrientes del agua sino además sirve de sustrato de bacterias y como sistema de adsorción de los sólidos suspendidos. Impide la penetración de la luz evitando que crezcan algas en la profundidad, entre las plantas flotantes podemos encontrar al Jacinto acuático *Eichhornia crassipes*, helechos de agua (*Salvinia sp*, *Azolla sp*), lechuga de agua (*Pistia sp*) y lentejas de agua (*Lemna minor L*, *lemna sp*, *wolfia sp*).

Sumergidas: Son aquellas que no flotan en la superficie y sus raíces están sueltas dentro del agua o arraigadas en el fondo. Sirven generalmente para oxigenar el agua y nunca se les encuentra en sitios donde existen plantas flotantes, pues están impiden el ingreso de luz y las plantas sumergidas dejarían de realizar la fotosíntesis.

Emergentes: Estas plantas crecen enraizadas en el fondo y sus hojas sobresalen de la superficie del agua entre las más comunes para América del sur se encuentran carrizo (*Phragmites sp*), juncos (*Juncus sp*) y la espadaña (*Typha sp*), este tipo de plantas es más usado en humedales artificiales en los que se adiciona un medio soporte para el enraizamiento de las mismas.

En plantas acuáticas facilitan la integración paisajística de los sistemas y recrean los ecosistemas complejos donde intervienen otros elementos como los insectos, anfibios y aves, regulando el sistema. Además ofrecen la posibilidad de obtener productos valorizables con ciertos fines. Entre los posible aprovechables están los usos ornamentales, cama para ganado, producción de post, producción de forrajeras, obtención de fibras para trabajos artesanales. **Caicedo (1995).**

- **Sistemas de plantas acuáticas flotantes.**

Los cultivos acuáticos o plantas acuáticas flotantes son una variación de los humedales artificiales en el que el agua está en contacto con la atmósfera y constituye la fuente principal de oxígeno para aireación, en la que se introduce un cultivo de plantas flotantes, como *Eichhornia crassipes M.* y *Lemna minor L.* cuya finalidad es la eliminación de determinados componentes de las aguas a través de sus raíces que constituyen un buen sustrato responsable del tratamiento. Aunque uno de las desventajas que presenta estos tipos de tratamiento es la proliferación de larvas de insectos.

Según Metcalf y Eddy, citado por Celis et al. (1995) los sistemas que emplean plantas acuáticas como *Eichhornia Crassipes* de agua están diseñados para proporcionar niveles de tratamientos secundarios avanzados. Estos sistemas han sido utilizados como medio de producción de proteínas por las grandes cantidades de biomasa que generan.

○ **Actuación de las plantas acuáticas en sistemas de tratamiento.**

Ly , J(2003) Las plantas juegan un papel fundamental en estos sistemas siendo sus principales funciones:

- Airear el sistema radicular y facilitar oxígeno a los microorganismos que viven en la rizósfera.
- Absorción de nutrientes (nitrógeno y fósforo).
- Eliminación de contaminantes asimilándolos directamente en sus tejidos.
- Filtración de los sólidos a través del entramado que forma su sistema radicular.

Las macrófitas acuáticas flotantes, *Lemna minor* L. (“Lenteja de agua) y *Eichhornia crassipes* M. (“Jacinto de agua) son del grupo de las plantas que con más intensidad se han estado evaluando en el trópico como posibles integrantes de sistemas de recirculación de nutrientes a través de su cultivo en estanques cargados con efluentes provenientes de biodigestores anaeróbicos, en lagunas, o simplemente colectadas en su medio natural.

○ **Descripción general de especies a estudiar**

***Lemna minor* (Lenteja de agua).**

✓ Clasificación científica.

Reino	: Plantae
División	: Fanerógamas Magnoliophyta
Clase	: Liliopsida
Orden	: Alismatales
Familia	: Araceae
Género	: Lemna
Especie	: minor



✓ Taxonomía.

Lemna minor fue descrita por Carlos Linneo y publicado en *Species Plantarum*.

✓ Características morfológicas.

Hojas. Las Lemnáceas no tienen hojas. Su estructura en forma de “lenteja” está formada por un parénquima fotosintético en la cara superior de la “lenteja” y un parénquima aerífero para poder flotar, en la cara inferior, surgiendo de este último una o varias raicillas. Estas estructuras son solitarias o forman grupos de 2 ó 3, como resultado del proceso de multiplicación vegetativa. En *Lemna minor* la “lenteja” mide 3-6 mm.

Flores. Unisexuales, en inflorescencias compuestas por dos flores masculinas y una femenina, ubicadas en una pequeña depresión del cuerpo lenticular. Tanto las flores masculinas como femeninas no presentan periantio; las masculinas están reducidas a un estambre; las femeninas a un ovario unilocular. La floración en las Lemnáceas es poco habitual y difícil de observar por su pequeño tamaño.

Frutos. Utrículos globosos, alados, de 0,2 mm con 2 semillas. (Hilari, 1961).

✓ Habitación de cultivo.

Nativa en la mayor parte de África, Asia, Europa y América del Norte, que se producen en todas partes que los estanques de agua dulce y lento movimiento de las corrientes se producen, a excepción de ártica y climas subártico. Crece con tanta rapidez y eficiencia que puede provocar grandes daños de forma frecuente a una alfombra completa aun cuando las condiciones son adecuadas. Especie casi cosmopolita.

Aguas permanentes, tranquilas, eútrofas, desde dulces hasta unas pocas salinas.

○ **Eichhornia crassipes (Jacinto de agua).**

✓ Clasificación científica.

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Liliopsida
Orden	: Commelinales
Familia	: Pontederiaceae
Género	: Eichhornia
Especie	: E. crassipes



✓ Taxonomía.

Eichhornia Crassipes fue descrita por Mart Solms y publicado en *Monographiae phanerogamarum*.

✓ Características morfológicas.

Hojas. Dispuestas en roseta, flotantes, de 5-65 cm, pecioladas, con un limbo plano y ovado, de 2-15 cm, y peciolo de 3-50 cm inflados.

Flores. Dispuestas en espigas, hermafroditas, de 2,5-5 cm, zigomorfas, con 6 tépalos soldados en un tubo con 6 lóbulos libres, de color violeta o azul, el superior con una mancha oscura con el centro amarillo; 6 estambres, los tres superiores mayores que los tres inferiores, y tres carpelos soldados en un ovario.

Frutos. Cápsula, con cientos de pequeñas semillas en su interior.

Planta acuática de agua dulce flotante, con uno, dos o tres hojas cada uno (frondes oblongas) con una sola raíz colgando en el agua. La raíz es de 1-2 cm de largo. Las hojas son ovales, 1-8 mm de largo y 0.6 a 5 mm verde amplio. Las flores se producen raramente (\approx de 1 mm de diámetro, con una membrana en forma de copa que contiene un óvulo único y dos estambres. La semilla es de 1 mm de largo. **Celis, J.et al. (2005).**

✓ Hábitat

Habita en cuerpos de agua dulce como los son: ríos, lagos, charcas y embalses de los trópicos y subtropical localizados a latitudes no mayores de 40°N y 45°S. Temperaturas menores de 0°C afectan su crecimiento al igual

que alta salinidad. Sin embargo, cuerpos de agua eutrofizados que contienen niveles altos de nitrógeno, fósforo, potasio al igual que aguas contaminada con metales pesados como cobre y plomo no limitan su crecimiento ya que puede anclarse y enraizar en suelos saturados de agua por un corto periodo de tiempo.

✓ Origen y distribución geográfica.

Área de origen: América del Sur, principalmente en las llanuras de Venezuela y Colombia

Distribución secundaria Estados Unidos, México, Centroamérica.

B. Contaminación del agua por materia orgánica.

Es un cambio perjudicial en las características químicas, físicas o biológicas de un ambiente o entorno. Afecta o puede afectar la vida de los organismos y en especial la humana.

Desde un punto de vista general existen dos puntos contaminantes: los biodegradables, que se descomponen más o menos rápidamente por procesos naturales o con sistemas de ingeniería que refuerzan dichos procesos, y los no biodegradables, que se degradan muy lentamente en el medio natural, tales como detergentes y plásticos.

La acción y el efecto de introducir materias, o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica.

En muchas ocasiones, más de las que quisiéramos, nos encontramos ríos, lagos, y otros cauces contaminados, ofreciendo un paisaje pobre, triste y desolador. Las causas de contaminación son variadas; sales, eutrofización vertidos industriales, etc., destacando la contaminación por parte de la materia orgánica, procedente de vertidos urbanos, actividades ganaderas, agrícolas o industriales con manipulación de compuestos orgánicos.

Los compuestos orgánicos están formados por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en determinados casos, de nitrógeno, azufre, calcio, magnesio, fósforo, hierro, etc. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas, 40-60%, hidratos de carbono, 25-50%, y grasas y aceites, 10% (Borreno, J. (1999)).

C. Remoción de materia orgánica biodegradable.

La remoción de materia orgánica son de dos tipos: físicos y biológicos ambos inter-relacionados. La materia orgánica que llega del efluente puede encontrarse en forma de partículas, coloides o disueltas. Además pueden darse en procesos de adsorción y absorción en la materia orgánica disuelta que están relacionados con las características perjudiciales del sólido o cuerpo sobre el que se produce.

En los procesos biológicos intervienen organismos vivos e influyen de manera drástica factores como la disponibilidad del oxígeno, el pH y la temperatura en estos procesos se pueden dar reacciones de oxidación/ reducción, hidrólisis y fotólisis que conducen a la biodegradación de la materia orgánica.

La materia orgánica biodegradable sirve como sustrato a múltiples organismos para desarrollarse, la disponibilidad del oxígeno en el efluente determinada a través del parámetro DBO. Condiciona el tipo de microorganismos que intervienen en la degradación de la materia orgánica. Los microorganismos aerobios requieren oxígeno como aceptor de electrones disuelto para desarrollarse y son muy eficientes en la transformación de la materia biodegradable en compuestos minerales, gases, y biomasa microbiana.

La disponibilidad de oxígeno es un factor fundamental para la remoción bioquímica de la materia orgánica.

Esta disponibilidad dependerá del balance en el sistema entre el consumo por respiración y las aportaciones de oxígeno.

Las posibles fuentes de oxígeno en el sistema provienen de la aireación superficial (oxígeno procedente de la atmósfera), fotosíntesis (oxígeno liberado por organismos fotosintéticos, a consecuencia de la foto asimilación del

carbono), y transferencia de la planta (liberación de oxígeno presente en el airén)

Viento, flujo y concentración de oxígeno en el efluente. Se estima que para un humedal de flujo libre superficial en condiciones medias, la transferencia de oxígeno por aireación es del orden de 0.5-0.9 g/m²/día.

Las tasas de degradación dependen de la degradabilidad de estos compuestos, la temperatura y condiciones de disponibilidad de oxígeno. En condiciones aerobias, los productos finales son compuestos oxidados de nitrógeno y azufre, anhídrido carbónico y agua. En condiciones anaerobias, se producen ácidos orgánicos y alcoholes, y cuando ocurre metanogénesis los productos finales son Metano, anhídrido carbónico e hidrógeno **Fernández, A. (2006).**

✓ **Biodegradación**

Es la capacidad metabólica de los organismos para transformar o mineralizar contaminantes orgánicos en compuestos menos peligrosos y en menor cantidad, de tal manera que puedan integrarse fácilmente a los ciclos biogeoquímicos naturales. La biodegradación es medida rutinariamente con pruebas químicas y/o fisiológicas en recipientes conteniendo cultivos puros de microorganismos, cultivos mixtos o muestras ambientales (suelo, agua o sedimento) **(Madsen, 1998).**

✓ **Biorremediación**

La Biorremediación es una tecnología usada para la eliminación de contaminantes mediante la capacidad de las plantas de extracción y absorción.

Las ventajas de usar la Biorremediación es que disminuye el riesgo producir más contaminación, resultando por lo tanto amigable con el medio ambiente, mejora la calidad de suelo, tiene un bajo costo construcción y de mantenimiento y sobre todo que tiene un alto grado de eficiencia. Como desventajas a este sistema se presenta el hecho de que necesita un largo tiempo para funcionamiento adecuado, se debe esperar a que las plantas se adapten a

elementos tóxicos y finalmente la decisión de la disposición final de la biomasa. El proceso de remediación consiste en que las plantas modifican las propiedades físicas y químicas del medio, liberan exudado de las raíces aumentando el carbón orgánico, aumentan la aireación, Interceptan y retardan el movimiento de químicos, efectúan transformaciones metabólicas por microbios y enzimas y reducen la migración. Las características de un humedal artificial son sustrato artificial con el que se va a trabajar, la vegetación implantada, así como las especies seleccionadas, el manejo de la vegetación y el manejo del Sustrato. **Lovley, DR (2003).**

D. Acuicultura.

La acuicultura se define como la acción y rubro comercial productivo, en la crianza de recursos hidrobiológicos, conocidos también como peces, moluscos, crustáceos y vegetación acuática, en ambientes físicos controlados, con el fin de reemplazar y mejorar las condiciones que estos organismos encuentran en ambientes normales. Actualmente, esta actividad está industrializada totalmente, respondiendo muy bien a la demanda alimenticia mundial de organismos que cada día se ven más afectados por la pesca industrial **(Villanueva et al., 2007).**

En los estanques de acuicultura, los contenidos de materia orgánica son altos, debido entre otros factores a los desechos acumulados como producto del alimento no consumido, excretas y fertilizantes. **Borja (2002)** reporta que los desechos orgánicos e inorgánicos de las piscifactorías pueden causar un enriquecimiento excesivo en nutrientes y la eutrofización de los cuerpos de agua receptores.

1.3.3 Definición de Términos

Absorción. La absorción es un proceso que separa los componentes de un gas a partir de la inclusión de un solvente en estado líquido, con el que crea una solución.

Adsorción. Es la acumulación en una determinada superficie interfacial entre dos fases. El resultado es la formación de una película líquida o gaseosa en la superficie de un cuerpo sólido o líquido.

Aerobiosis. La descomposición de la materia orgánica en presencia de oxígeno.

Biodegradable. Es un término que se aplica siempre en relación a una sustancia química, cuando sucede que la misma se descompone como consecuencia de un proceso biológico natural.

Biomasa. Se considera biomasa a un grupo de productores energéticos y materias primas de tipo renovable que se originan a partir de materia orgánica formada por vía biológica.

Eutrofización. Proceso natural en ecosistemas acuáticos, especialmente en lagos, caracterizado por un aumento en la concentración de nutrientes como nitratos y fosfatos, con los consiguientes cambios en la composición de la comunidad de seres vivos.

Fertilizantes. Es un tipo de sustancia que contiene nutrientes en formas químicas solubles y asimilables por las raíces de las plantas, para mantener o incrementar el contenido de estos elementos en el suelo o alguna otra superficie orgánica.

Fotosíntesis. Proceso químico que tiene lugar en las plantas con clorofila y que permite, gracias a la energía de la luz, transformar un sustrato inorgánico en materia orgánica rica en energía.

Hidrófitas. Plantas acuáticas son las que viven en el agua o en suelos inundados. Junto a los cuerpos de agua, la vegetación muestra una zonación que está determinada en parte por la profundidad creciente del agua.

Macrófitas. Son un tipo de plantas, más específicamente se trata de vegetación acuática.

Materia Orgánica Biodegradable. Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas animales, la materia orgánica biodegradable se mide, en la mayoría de las ocasiones, en función de la DBO (Demanda bioquímica de oxígeno) y de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno). Si se descargan al entorno sin tratar su estabilización biológica puede llegar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.

Planta vascular (cormófito). Vegetales que tienen tejidos vasculares y su cuerpo vegetativo organizado en tres tipos de órganos fundamentales: tallo, raíz y hojas.

Piscigranja. Es un criadero de peces u otros animales marinos, ahí son alimentados y reciben todos los cuidados necesarios para desarrollarse y ser productivos.

Remoción. Proviene del acto de remover. Remover es justamente quitar o sacar algo de su lugar, independientemente de que sea reemplazado o no por otro.

Reactores. Son bandejas o depósitos de plástico, teniendo un volumen de 200 l, el cual fueron utilizados en los experimentos, para ver el comportamiento de las plantas acuáticas y el efluente de las piscigranjas.

1.4 Variables

Variable independiente: Especies *Lemna minor* L. (“Lenteja de agua”) y *Eichhornia crassipes* M. (“Jacinto de agua”).

Variable dependiente: Remoción de materia orgánica biodegradable de efluentes de las piscigranjas.

Variable interviniente: Temperatura, pH.

1.5 Hipótesis.

Hipótesis de Investigación

Si Utilizamos eficazmente las especies *Lemna minor* L. (“Lenteja de agua”) y *Eichhornia crassipes* M. (“Jacinto de agua”), entonces se removerá la materia orgánica biodegradable en efluentes de las piscigranjas.

Hipótesis Nula

Si Utilizamos eficazmente las especies *Lemna minor* L. (“Lenteja de agua”) y *Eichhornia crassipes* M. (“Jacinto de agua”), entonces no se removerá la materia orgánica biodegradable en efluentes de las piscigranjas.

CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO

2.1 Tipo de Investigación

De acuerdo a la orientación: Aplicada.

De acuerdo a la técnica de contrastación: Analítica.

2.2 Diseño de Investigación

Para la realización de la investigación se empleó el diseño de Pre-test (muestra antes de la siembra de las Plantas acuáticas) y Post-test (muestra después de la siembra de las plantas acuáticas), con dos grupos equivalentes, en el cual se tuvo un grupo de control y un grupo experimental (Plantas Acuáticas de especies de *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.*) en donde las macrófitas actuaron directamente en la remoción de la materia biodegradable, se administró una Pre-test en el grupo control y se comparó con la Posttest. Mediante dos sistemas de tratamiento: Un sistema por Tandas y un Sistema continuo, con los datos obtenidos de los análisis fisicoquímicos del efluente se demostró la eficiencia de la remoción de materia biodegradable utilizando macrófitas.

Cuyo diagrama es:

GE:	O ₁	X	O ₂
GC:	O ₃		O ₄

Donde:

GE = Grupo experimental.

GC = Grupo Control.

X = Estímulo.

O₁, O₃ = Pretest.

O₂, O₄ = Posttest

2.3 Población y Muestra

2.3.1 Universo

El volumen total de 3 pozas (Dimensiones 50 m de largo x 10 m de Ancho x 1.00 m de Profundidad), teniendo un volumen total de 1 500 m³ de agua.

2.3.2 Población.

En la investigación se obtuvo una sola población de 8 reactores en total, para la utilización en los dos sistemas (sistema por tandas y el sistema continuo), cada sistema conformado por cuatro reactores.

Sistema Por Tandas

En el sistema por tandas se utilizó un volumen de 180 l en los cuatro meses de experimentación, que a continuación se detalla:

Cuadro N°01: Volumen Total Sistema Por Tandas

SISTEMAS DE TRATAMIENTO CON MACROFITAS					VOLUMEN TOTAL
SISTEMA POR TANDAS	1° REACTOR 180 l	2° REACTOR 180 l	3° REACTOR 180 l	4° REACTOR 180 l	2880 l

Fuente: Planta Piloto de Investigación-Sector Indañe (Empresa Acuicola Alto Mayo).

Sistema Continuo

En el sistema continuo se utilizó un volumen de 2880 l, en los cuatro meses de experimentación. Se tiene un caudal de entrada de $7.80 \text{ m}^3/\text{h}$ y un caudal de salida de $0.71 \text{ m}^3/\text{h}$ hacia el sistema continuo.

2.3.3 Muestra

Se utilizó 2 l de agua para los análisis fisicoquímicos por cada reactor de los dos sistemas por tandas y continuo durante los 04 meses:

En el sistema por tandas se utilizó 8 l de agua durante los 04 meses.

En el sistema continuo 8 l de agua durante los 04 meses, utilizando 16 l en total durante todo el proyecto.

2.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos.

Se utilizó técnicas analíticas, para los análisis fisicoquímicos. Los instrumentos utilizados para recolectar los parámetros del agua a tratar fueron: el Peachímetro, espectrofotómetro, termómetro, balanza analítica, mufla y sensor DBO. La metodología fue la siguiente:

- Se instalaron ocho reactores o tinajas en total con una capacidad de 200 l de almacenamiento, los cuales fueron llenados con agua residual del efluente de la piscigranjas.
- Se instalaron dos sistemas de tratamiento de efluentes de la Piscigranjas:

Sistema Por Tandas. Se instaló 04 estanques con una capacidad de almacenamiento de 200 l cada uno, el cual fue llenado para el tratamiento 180 l de aguas residuales de los efluentes de las piscigranjas, durante los 4 meses. El primer reactor sirvió como muestra de control del experimento sin ninguna siembra de plantas acuáticas, en el segundo estanque se sembró *Lemna minor* L. (“Lenteja de agua”), brotes tiernos ocupando las $\frac{3}{4}$ del reactor. En el Tercer estanque se sembró *Eichhornia crassipes* M. (“Jacinto de agua”) brotes tiernos ocupando las $\frac{3}{4}$ del reactor y en el cuarto reactor se sembró las dos especies de macrófitas *Lemna minor* L. y *Eichhornia crassipes* M.

Sistema Continuo. Se Instaló 04 reactores con una capacidad de almacenamiento de 200 l cada uno, el cual fue llenado para el tratamiento 180 l de aguas residuales de los efluentes de las piscigranjas, donde el agua tenía una constante circulación en forma continua. El primer estanque sirvió como muestra de control del experimento sin ninguna siembra de macrófitas, en el segundo estanque se sembró *Lemna minor* L. (“Lenteja de agua”), brotes tiernos ocupando las $\frac{3}{4}$ del reactor. En el Tercer estanque se sembró *Eichhornia crassipes* M. brotes tiernos ocupando las $\frac{3}{4}$ del reactor y en el cuarto reactor se sembró las dos especies de macrófitas *Lemna minor* L. y *Eichhornia crassipes* M.
- Se realizó análisis fisicoquímicos a las muestras de los efluentes de las piscigranjas del sistema por tandas y el sistema continuo, antes de la siembra (sin plantas), cuando las plantas se han desarrollado cada mes, durante un periodo de 04 meses.
- En los análisis fisicoquímicos se midieron los siguientes parámetros: temperatura, pH, turbidez, materia orgánica valorada como DBO, DQO oxígeno disuelto. Los parámetros se midieron cada mes durante los cuatro

meses, hasta que las plantas acuáticas hayan alcanzado su máximo crecimiento.

- Se realizó evaluaciones de las especies utilizadas cada mes, en cada unidad experimental.

2.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Los resultados obtenidos de la investigación fueron procesados mediante tablas y gráficos y la interpretación se realizó en forma analítica.

Para el análisis de la eficiencia de la remoción de materia orgánica biodegradable con plantas acuáticas *Lemna minor* L. (“Lenteja de agua”) y *Eichhornia crassipes* M. (“Jacinto de agua”) en el sistema por tandas y el sistema continuo se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} \times 100$$

Los parámetros analizados del efluente de las piscigranjas durante los cuatro meses de experimentación fueron comparados con los límites Máximos Permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipalidades (DECRETO SUPREMO N°003-2010-MINAM)

CAPITULO III: RESULTADOS.

3.1.1 Promedio de los resultados de los parámetros analizados en el laboratorio.

Cuadro N°02 Promedio de los resultados en el sistema por tandas.

SISTEMA POR TANDAS					
PARÁMETROS	UNIDADES	REACTOR 01 Control	REACTOR 02 <i>Lemna minor L.</i>	REACTOR 03 <i>Eichhornia crassipes M.</i>	REACTOR 04 <i>Lemna minor L. y Eichhornia crassipes M.</i>
Turbiedad	UNT	52	34.5	19.25	13.25
pH	Potencial de Hidrógeno	5.99	6.73	6.93	7.05
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	91.75	69	14.56	41.3
Temperatura	°C	22.55	22.81	22.75	23.2
Oxígeno Disuelto	mg/l	6.75	4.13	3.65	3.13
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	138.25	130.25	113.75	72.25
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	339	264.25	249.25	190.75

Fuente: Resultados del laboratorio ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

Cuadro N°03 Promedio de los resultados en el sistema continuo.

SISTEMA CONTINUO					
PARAMETROS	UNIDADES	REACTOR 01 Control	REACTOR 02 <i>Lemna minor L.</i>	REACTOR 03 <i>Eichhornia crassipes M.</i>	REACTOR 04 <i>Lemna minor L. y Eichhornia crassipes M.</i>
Turbiedad	UNT	50.25	40.5	30	21.25
pH	Potencial de Hidrógeno	6.53	6.82	7.03	7.11
Solidos suspendidos Totales	mg/l	98	63	49	36.6
Temperatura	°C	22.6	22.7	22.83	22.88
Oxígeno Disuelto	mg/l	6.95	6.95	3.38	2.88
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	132.5	112.25	98.5	77.25
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	333.75	267.5	234	198.00

Fuente: Resultados del laboratorio ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

3.1.2 Eficiencia de las especies de macrófitas en la remoción de materia orgánica biodegradable en los sistemas de tratamiento continuo y por tandas.

Se determinó el porcentaje de remoción en los 07 parámetros fisicoquímicos que permiten remover la materia orgánica Biodegradable en los sistemas de tratamiento continuo y por tandas.

SISTEMA POR TANDAS.

Para realizar el porcentaje de remoción en el sistema por tandas se obtuvo los resultados de cada parámetro en los cuatro reactores intervenidos que fueron tomados la muestra al inicio y después de la siembra de las plantas acuáticas.

Análisis Del % De Remoción De Turbiedad.

✓ En el Reactor (01) - Control.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{30 \text{ UNT} - 68 \text{ UNT}}{30 \text{ UNT}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -126.00$$

✓ En el Reactor (02) - *Lemna minor L.*

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{22 \text{ UNT} - 46 \text{ UNT}}{22 \text{ UNT}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -109.00$$

✓ En el Reactor (03) - *Eichhornia crassipes M.*

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{18 \text{ UNT} - 20 \text{ UNT}}{18 \text{ UNT}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -11.11$$

✓ En el Reactor (04) - *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.*

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{12 \text{ UNT} - 14 \text{ UNT}}{12 \text{ UNT}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -16.66$$

Análisis del % de remoción de sólidos suspendidos totales.

✓ En el Reactor (01) - Control.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{69 \text{ mg/l} - 108 \text{ mg/l}}{69 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -56.52$$

✓ En el Reactor (02) - *Lemna minor L.*

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{52 \text{ mg/l} - 89 \text{ mg/l}}{52 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -71.15$$

✓ En el Reactor (03) - *Eichhornia crassipes M.*

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{55 - 62}{55} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -12.72$$

✓ En el Reactor (04) - *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.*

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{39 \text{ mg/l} - 43 \text{ mg/l}}{39 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -10.25$$

Análisis del % de remoción en el parámetro de pH.

✓ En el Reactor (01) - Control.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{6.8 \text{ de pH} - 5.6 \text{ de pH}}{6.8 \text{ de pH}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = 17.64$$

✓ **En el Reactor (02) - *Lemna minor* L.**

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{6.7 \text{ de pH} - 6.90 \text{ de pH}}{6.7 \text{ de pH}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -2.98$$

✓ **En el Reactor (03) - *Eichhornia crassipes* M.**

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{6.80 \text{ de pH} - 7.05 \text{ de pH}}{6.80 \text{ de pH}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -3.68$$

✓ **En el Reactor (04) - *Lemna minor* L. y *Eichhornia crassipes* M.**

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{7.00 \text{ de pH} - 7.10 \text{ de pH}}{7.00 \text{ de pH}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -1.43$$

Análisis del % de remoción en el parámetro Temperatura.

✓ **En el Reactor (01) - Control.**

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{22.45 \text{ °C} - 22.30 \text{ °C}}{22.45 \text{ °C}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = 0.67$$

✓ **En el Reactor (02) - *Lemna minor* L.**

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{22.60 \text{ °C} - 22.80 \text{ °C}}{22.60 \text{ °C}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -0.88$$

✓ **En el Reactor (03) - *Eichhornia crassipes* M.**

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{22.82^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C}}{22.82^{\circ}\text{C}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -0.79$$

✓ **En el Reactor (04) - *Lemna minor* L. y *Eichhornia crassipes* M.**

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{23.2^{\circ}\text{C} - 23.5^{\circ}\text{C}}{23.2^{\circ}\text{C}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -1.28$$

Análisis del % de remoción en el parámetro oxígeno disuelto.

✓ **En el Reactor (01) - Control.**

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{6.0 \text{ mg/l} - 7.0 \text{ mg/l}}{6.0 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -16.67$$

✓ **En el Reactor (02) - *Lemna minor* L.**

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{2.5 \text{ mg/l} - 3.0 \text{ mg/l}}{2.5 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -20.00$$

✓ **En el Reactor (03) - *Eichhornia crassipes* M.**

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{1.90 \text{ mg/l} - 2.00 \text{ mg/l}}{1.90 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -5.26$$

✓ En el Reactor (04) - *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.*

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{1.00 \text{ mg/l} - 1.5 \text{ mg/l}}{1.00 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -0.5$$

Análisis del % de remoción en la demanda bioquímica de oxígeno.

✓ En el Reactor (01) - Control.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{142 \text{ mg/l} - 145 \text{ mg/l}}{142 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -2.11$$

✓ En el Reactor (02) - *Lemna minor L.*

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{118 \text{ mg/l} - 120 \text{ mg/l}}{118 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -1.69$$

✓ En el Reactor (03) - *Eichhornia crassipes M.*

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{92 \text{ mg/l} - 95 \text{ mg/l}}{92 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -3.26$$

✓ En el Reactor (04) - *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.*

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{60 \text{ mg/l} - 62 \text{ mg/l}}{60 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -3.33$$

Análisis del % de remoción en la Demanda Química de oxígeno.

✓ **En el Reactor (01) - Control.**

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{389 \text{ mg/l} - 390 \text{ mg/l}}{389 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -0.26$$

✓ **En el Reactor (02) - *Lemna minor L.***

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{276 \text{ mg/l} - 279 \text{ mg/l}}{276 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -1.08$$

✓ **En el Reactor (03) - *Eichhornia crassipes M.***

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{260 \text{ mg/l} - 265 \text{ mg/l}}{260 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -1.92$$

✓ **En el Reactor (04) - *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.***

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración Entrada} - \text{Concentración (Salida)}}{\text{Concentración (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{230 \text{ mg/l} - 236 \text{ mg/l}}{230 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -2.61$$

Interpretación

El porcentaje de remoción en todos los parámetros analizados en el sistema por tandas, entre la concentración de entrada y concentración de salida no es muy significativo, no existiendo remoción de materia orgánica, es por ello que los resultados son la mayoría negativos, sin embargo de los reactores analizados, el reactor 03 de *Eichhornia crassipes M.* y *Lemna minor L.*, son los que mayor remoción han tenido en la materia orgánica biodegradable, siendo un 3%.

SISTEMA CONTINUO.

Para realizar el porcentaje de remoción en el sistema Continuo se obtuvo los resultados de cada parámetro en los reactores de entrada y salida, siendo el reactor 01 Control con los demás reactores, para determinar el porcentaje de remoción de cada reactor con la intervención de las plantas acuáticas.

✦ Comparación de resultados de % de remoción entre el reactor 01 control y reactor 02 *Lemna minor* L.

Análisis del % de remoción en el parámetro de Turbiedad

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{50.25 \text{ UNT} - 40.5 \text{ UNT}}{50.25 \text{ UNT}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = 19.40$$

Análisis del % de remoción en el parámetro de Solidos Suspendidos Totales.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{98 \text{ mg/l} - 63 \text{ mg/l}}{98 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = 35.71$$

Análisis del % de remoción en el parámetro de pH.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{6.53 \text{ de pH} - 6.82 \text{ de pH}}{6.53 \text{ de pH}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -4.44$$

Análisis del % de remoción en el parámetro temperatura.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{22.6 \text{ }^{\circ}\text{C} - 22.7 \text{ }^{\circ}\text{C}}{22.6 \text{ }^{\circ}\text{C}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -0.44$$

Análisis del % de remoción en el parámetro oxígeno disuelto.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{6.95 \text{ mg/l} - 6.95 \text{ mg/l}}{6.95 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = 0.00$$

Análisis del % de remoción en el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{132.5 \text{ mg/l} - 112.25 \text{ mg/l}}{132.5 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = 15.28$$

Análisis del % de remoción en el parámetro Demanda Química de Oxígeno.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{333.75 \text{ mg/l} - 267.5 \text{ mg/l}}{333.75 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = 19.85$$

Comparación de resultados de remoción entre el reactor 01 Control y Reactor 03 *Eichhornia crassipes* M.

Análisis del % de remoción en el parámetro de turbiedad

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{50.25 \text{ UNT} - 30 \text{ UNT}}{50.25 \text{ UNT}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = 40.30$$

Análisis del % de remoción en el parámetro de sólidos suspendidos totales.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{98 \text{ mg/l} - 49 \text{ mg/l}}{98 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = 50$$

Análisis del % de remoción en el parámetro de pH.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{6.53 \text{ de pH} - 7.03 \text{ de pH}}{6.53 \text{ de pH}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -7.66$$

Análisis del % de remoción en el parámetro temperatura.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{22.6 \text{ }^{\circ}\text{C} - 22.83 \text{ }^{\circ}\text{C}}{22.6 \text{ }^{\circ}\text{C}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -1.01$$

Análisis del % de remoción en el parámetro oxígeno disuelto.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{6.95 \text{ mg/l} - 3.38 \text{ mg/l}}{6.95 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = 51.36$$

Análisis del % de remoción en el parámetro demanda bioquímica de oxígeno.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{132.5 \text{ mg/l} - 98.5 \text{ mg/l}}{132.5 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = 25.66$$

Análisis del % de remoción en el parámetro Demanda Química de Oxígeno.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{333.75 \text{ mg/l} - 254 \text{ mg/l}}{333.75 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = 23.89$$

✱ **Comparación de resultados de Remoción entre el reactor 01 control y reactor 04**
Lemna minor L. y Eichhornia crassipes M.

Análisis del % de remoción en el parámetro de Turbiedad

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{50.25 \text{ UNT} - 21.25 \text{ UNT}}{50.25 \text{ UNT}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = 57.66$$

Análisis del % de remoción en el parámetro de solidos suspendidos totales.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{98 \text{ mg/l} - 36.6 \text{ mg/l}}{98 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = 62.00$$

Análisis del % de remoción en el parámetro de pH.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{6.53 \text{ de pH} - 7.51 \text{ de pH}}{6.53 \text{ de pH}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -15.00$$

Análisis del % de remoción en el parámetro temperatura.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{22.6 \text{ }^{\circ}\text{C} - 22.88 \text{ }^{\circ}\text{C}}{22.6 \text{ }^{\circ}\text{C}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = -1.2$$

Análisis del % de remoción en el parámetro Oxígeno Disuelto.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{6.95 \text{ mg/l} - 2.88 \text{ mg/l}}{6.95 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = 58.56$$

Análisis del % de remoción en el parámetro demanda bioquímica de oxígeno.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{132.5 \text{ mg/l} - 77.25 \text{ mg/l}}{132.5 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = 41.69$$

Análisis del % de remoción en el parámetro demanda química de oxígeno.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{Concentración del parámetro Entrada} - \text{Concentración del parámetro (Salida)}}{\text{Concentración del parámetro (Entrada)}} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{333.75 \text{ mg/l} - 198.00 \text{ mg/l}}{198.00 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción} = 68.56$$

Interpretación

El porcentaje de remoción en todos los parámetros analizados en el sistema Continuo, entre la concentración de Entrada y concentración de Salida es significativo durante los 03 reactores, siendo el reactor 03 y reactor 04 con más eficiencia en la remoción de materia orgánica Biodegradable, alcanzando más del 50 % de remoción, el cual se muestra en los parámetros DQO, DBO Y Oxígeno Disuelto.

3.1.3 Resultados del crecimiento de las plantas acuáticas *Eichhornia crassipes M.* y *Lemna minor L.* en los sistemas de tratamiento por tandas y continuo.

Cuadro N°04: Longitud de raíces- Sistema por tandas

SISTEMA POR TANDAS - LONGITUD DE RAICES				
PLANTAS	REACTOR 02 <i>Lemna minor L.</i>	REACTOR 03 <i>Eichhornia crassipes M.</i>	REACTOR 04 <i>Lemna minor L.</i> y <i>Eichhornia crassipes M.</i>	
1 Mes	1 cm	5 cm	1 cm	5 cm
2 Mes	1.5 cm	9 cm	3 cm	11 cm
3 Mes	2.5 cm	16 cm	2.7 cm	15 cm
4 Mes	3 cm	18 cm	4 cm	20 cm

Fuente: Planta Piloto de Investigación-Sector Indañe (Empresa Acuícola Alto Mayo).

Interpretación

El punto óptimo de crecimiento de las plantas acuáticas en el sistema por tandas se observa en la Tabla N° 15, durante los 04 meses, en el reactor 02 en el primer mes tuvo un crecimiento de 1 cm, en el segundo mes 1.5 cm, en el tercer mes 2.5 cm y en el cuarto mes ha logrado tener un crecimiento de 3 cm las raíces de *Lemna minor L.* logrando tener una remoción de materia orgánica no muy significativa.

En el reactor 03 conformado por *Eichhornia crassipes M.* se obtuvo en el primer mes un crecimiento de 5 cm de la raíz , en el segundo mes 9 cm, en el tercer mes 16 cm y en el cuarto mes ha logrado tener un crecimiento de 18 cm , logrando tener una mayor capacidad de remoción de materia orgánica de los efluente.

En el reactor 04 conformado por *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.* se obtuvo en el primer mes un crecimiento de 1 cm y 5 cm de la raíz, en el segundo mes 3 cm y 11 cm, en el tercer mes 27 cm y 15 cm y en el cuarto mes ha logrado tener un crecimiento de 4 cm y 20 cm, logrando tener en este reactor un porcentaje de remoción significativo, por el crecimiento de las raíces que han adoptado durante los 04 meses.

Cuadro N°05: Longitud de Raíces- Sistema Continuo.

PLANTAS	REACTOR 02 <i>Lemna minor L.</i>	REACTOR 03 <i>Eichhornia crassipes M.</i>	REACTOR 04 <i>Lemna minor L. y Eichhornia crassipes M.</i>	
1 Mes	1 cm	5 cm	1 cm	5 cm
2 Mes	3 cm	25 cm	3 cm	38 cm
3 Mes	5 cm	42 cm	7 cm	45 cm
4 Mes	6 cm	58 cm	9 cm	60 cm

Fuente: Planta Piloto de Investigación-Sector Indañe (Empresa Acuícola Alto Mayo).

Interpretación

El punto óptimo de crecimiento de las plantas acuáticas en el sistema continuo se observa en la Tabla N° 16, durante los 04 meses, en el reactor 02 en el primer mes tuvo un crecimiento de 1 cm, en el segundo mes 3 cm, en el tercer mes 5 cm y en el cuarto mes ha logrado tener un crecimiento de 6 cm las raíces de *Lemna minor L.*, logrando tener un remoción de materia orgánica significativa.

En el reactor 03 conformado por *Eichhornia crassipes M.* se obtuvo en el primer mes un crecimiento de 5 cm de la raíz, en el segundo mes 25 cm, en el tercer mes 42 cm y en el cuarto mes ha logrado tener un crecimiento de 58 cm, logrando tener una mayor capacidad de remoción de materia orgánica de los efluente, debido al crecimiento de las plantas acuáticas.

En el reactor 04 conformado por *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.* se obtuvo en el primer mes un crecimiento de 1 cm y 5 cm de la raíz, en el segundo mes 3 cm y 38 cm, en el tercer mes 7 cm y 45 cm y en el cuarto mes ha logrado tener un crecimiento de 9 cm y 60 cm, logrando tener en este reactor un porcentaje de remoción significativo, por el crecimiento de las raíces que han adoptado durante los 04 meses.

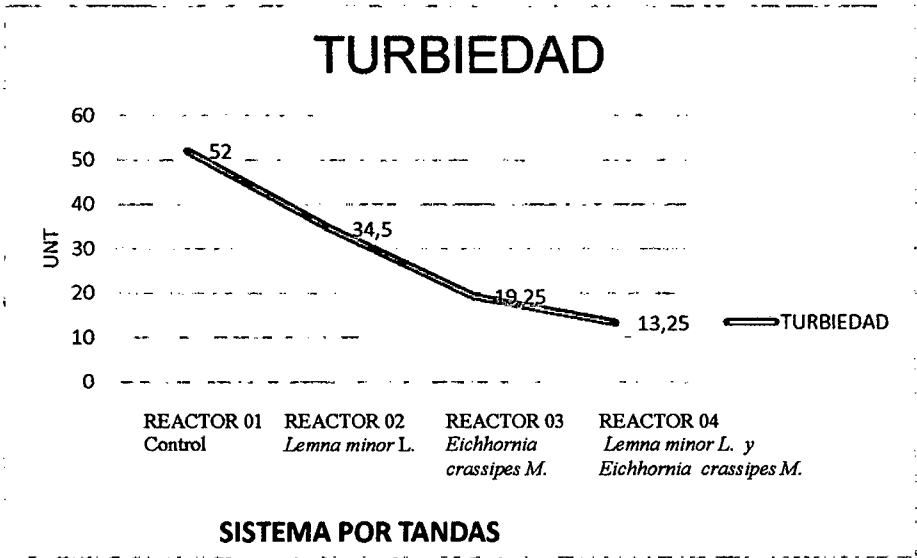
El crecimiento de las raíces de las plantas acuáticas ha influido en la remoción de la materia orgánica de los efluentes de las piscigranjas, siendo con más eficiencia el sistema continuo debido a que las raíces han adoptado un tamaño considerable y capaz de remover todo lo orgánico producto de los efluente.

3.1.4 Resultados De Parámetros Del Sistema Por Tandas

Tabla N°01 - Turbiedad

SISTEMA POR TANDAS				
PARAMETRO	Reactor 01 Control	Reactor 02 <i>Lemna minor L.</i>	Reactor 03 <i>Eichhornia crassipes M.</i>	Reactor 04 <i>Lemna minor L. y Eichhornia crassipes M.</i>
TURBIEDAD	52 UNT	34.5 UNT	19.25 UNT	13.25 UNT

Gráfico N°01 -Turbiedad



Fuente: Planta Piloto de Investigación-Sector Indaño (Empresa Acuícola Alto Mayo)

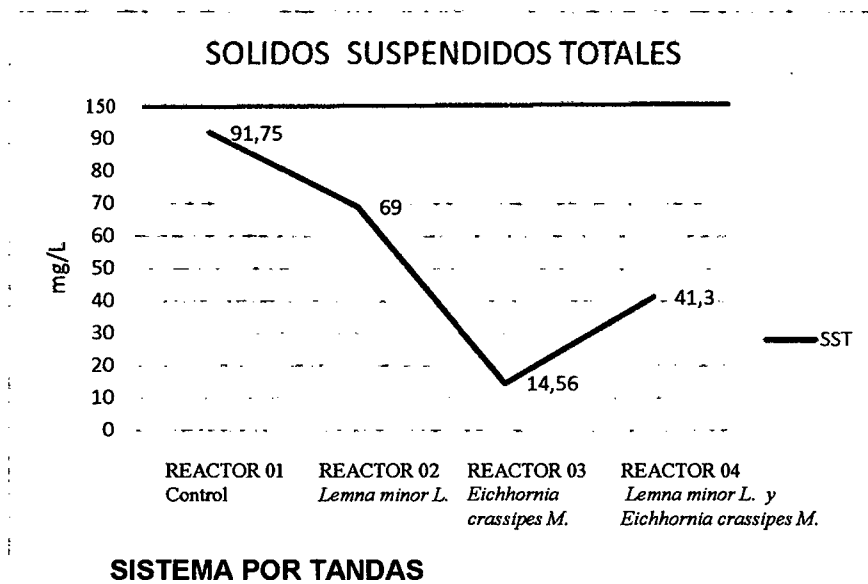
Interpretación

En el sistema por tandas la turbiedad del efluente ha entrado con 52 UNT en el mes de agosto encontrándose sin tratamiento alguno al pasar 3 meses en el reactor 4 con plantas acuáticas *Lemna Minor L.* y *Eichhornia crassipes M.* ha logrado bajar la turbiedad del agua llegando a 13.25 UNT de turbiedad. Esto quiere decir que las plantas acuáticas cumplen con la función de absorber los sólidos suspendidos totales y logra clarificar en todos los reactores del sistema, siendo los reactores con más eficiencia el reactor 03 *Eichhornia crassipes M.* y el reactor 04 *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.*

Tabla N°02 - Solidos Suspendidos Totales

SISTEMA POR TANDAS				
PARAMETROS	Reactor 01 Control	Reactor 02 <i>Lemna minor L.</i>	Reactor 03 <i>Eichhornia crassipes M.</i>	Reactor 04 <i>Lemna minor L. y Eichhornia crassipes M.</i>
SST	91.75 mg/l	69 mg/l	14.56 mg/ l	41.3 mg/l

Grafico N°02 - Solidos Suspendidos Totales



Fuente: Planta Piloto de Investigación-Sector Endañe (Empresa Acuícola Alto Mayo)

Interpretación

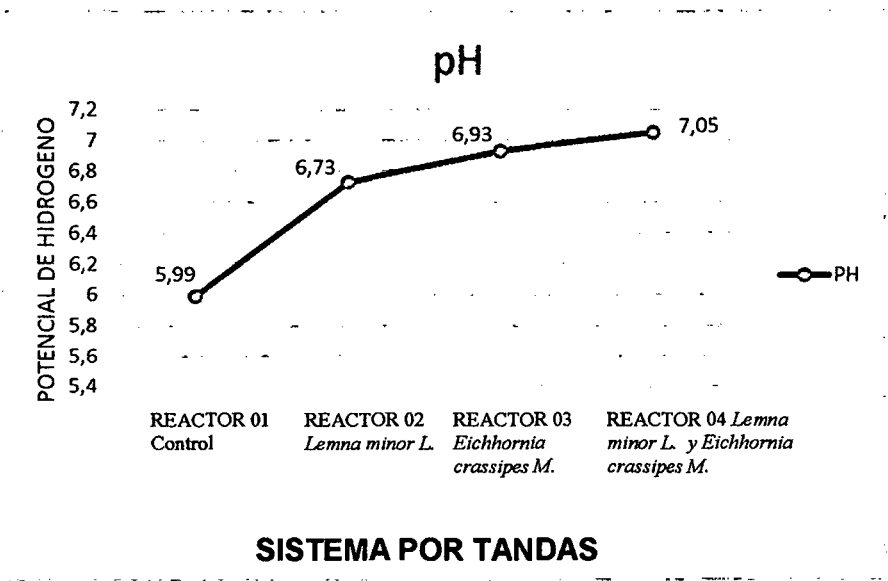
En el Gráfico N° 02, muestra el comportamiento del parámetro de sólidos suspendidos totales durante los meses de Junio hasta septiembre. El efluente ha llegado a la planta piloto con 91.75 mg/l de SST, el cual quiere decir que ha llegado con una turbiedad alta, en los tres reactores estudiados los SST ha descendido teniendo en el reactor 2 con *Lemna minor L.* 69 mg/l de SST y en el reactor 3 con *Eichhornia crassipes M.* con una turbiedad de 14.56 mg/l siendo el reactor de menos SST indicándonos que se encuentran presentes en los reactores el cual nos indica que existe materia orgánica biodegradable en el efluente y está presente en las raíces de las plantas acuáticas.

Según los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de Aguas (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM), son 150 mg/l de solidos suspendidos totales, el efluente de piscigranjas mediante las plantas acuáticas ha logrado disminuir los sólidos suspendidos totales en todos los reactores, las plantas han cumplido su función de remover la materia orgánica presente en el efluente y saliendo dentro de los límites de descarga a un cuerpo agua dulce.

Tabla N°03 -pH

SISTEMA POR TANDAS				
PARAMETROS	Reactor 01 Control	Reactor 02 <i>Lemna minor L.</i>	Reactor 03 <i>Eichhornia crassipes M.</i>	Reactor 04 <i>Lemna minor L. y Eichhornia crassipes M.</i>
PH	5.99 Potencial de Hidrógeno	6.73 Potencial de Hidrógeno	6.93 Potencial de Hidrógeno	7.05 Potencial de Hidrógeno

Grafico N°03 -pH



Fuente: Planta Piloto de Investigación-Sector Indañe (Empresa Acuicola Alto Mayo).

Interpretación

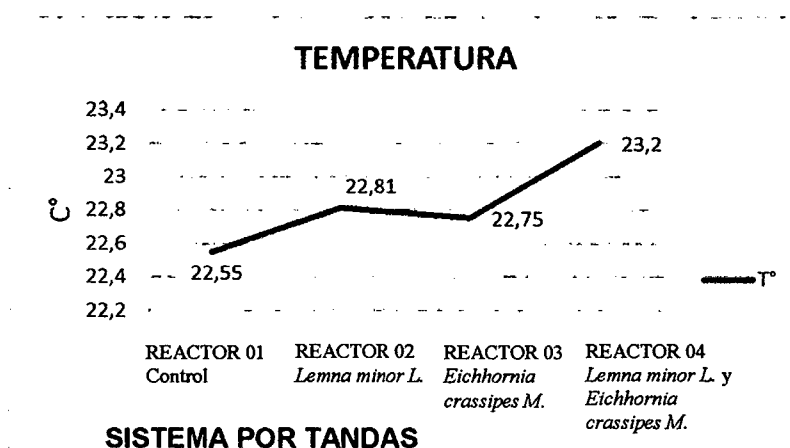
En el Grafico N° 03, muestra el comportamiento de los parámetros de pH durante los meses de junio hasta septiembre. El pH expresa la intensidad de la condición acida o alcalina del efluente, el pH del agua natural depende de la concentración de CO₂, el cual es un indicador para la remoción de materia orgánica biodegradable, en el reactor 01 control se encontró con 5.99 potencial de hidrogeno teniendo una concentración acida, y en el reactor 04 un pH 7.05 el más alto indicando que el agua se encuentra ligeramente alcalino el cual favorece a la remoción de la materia orgánica biodegradable.

Según los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de Aguas (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM), el pH debe ser el límite máximo permisible es de 6.5 hasta 8.5 encontrándose en el rango en todos los reactores.

Tabla N°04 -Temperatura

SISTEMA POR TANDAS				
PARAMETRO	Reactor 01 Control	Reactor 02 <i>Lemna minor L.</i>	Reactor 03 <i>Eichhornia crassipes M.</i>	Reactor 04 <i>Lemna minor L. y Eichhornia crassipes M.</i>
T°	22.55 C°	22.81 C°	22.75 C°	23.2 C°

Grafico N°04- Temperatura



Fuente: Planta Piloto de Investigación-Sector Indañe (Empresa Acuicola Alto Mayo).

Interpretación

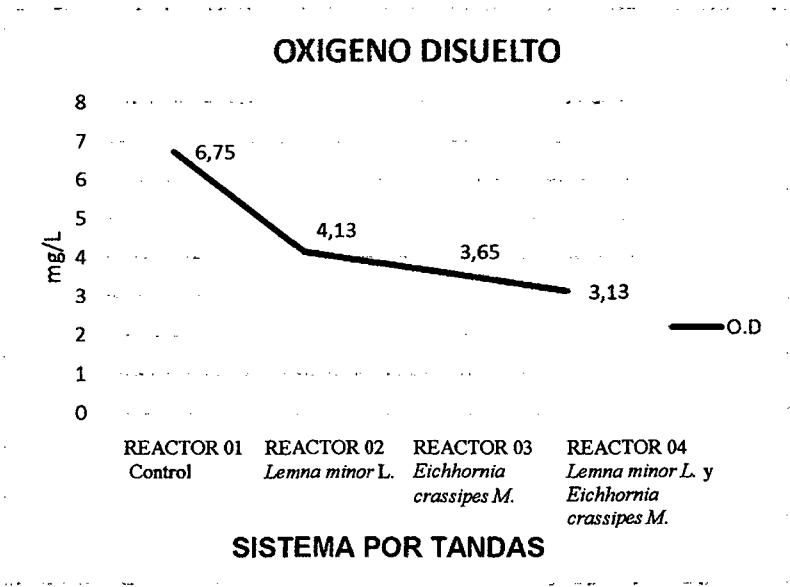
En el gráfico N° 04, muestra el comportamiento de la T° durante los meses de junio hasta septiembre en los 4 reactores. La temperatura es un indicador importante para la reproducción bacteriana del efluente, también para la fotosíntesis en las plantas.

Según los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de Aguas (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM), la temperatura debe ser el límite máximo permisible menores a 35°, el cual cumple en los cuatro reactores, siendo la temperatura más alta en el reactor 04, el cual indica a mayor temperatura mayor proliferación de microorganismos para remover la materia orgánica biodegradable.

Tabla N°05- Oxígeno Disuelto

SISTEMA POR TANDAS				
PARAMETROS	Reactor 01 Control	Reactor 02 <i>Lemna minor</i> L.	Reactor 03 <i>Eichhornia crassipes</i> M.	Reactor 04 <i>Lemna minor</i> L. y <i>Eichhornia crassipes</i> M.
O.D	6.75 mg/l	4.13 mg/l	3.65 mg/l	3.13 mg/l

Gráfico N°05- Oxígeno Disuelto



Fuente: Planta Piloto de Investigación-Sector Indañe (Empresa Acuícola Alto Mayo).

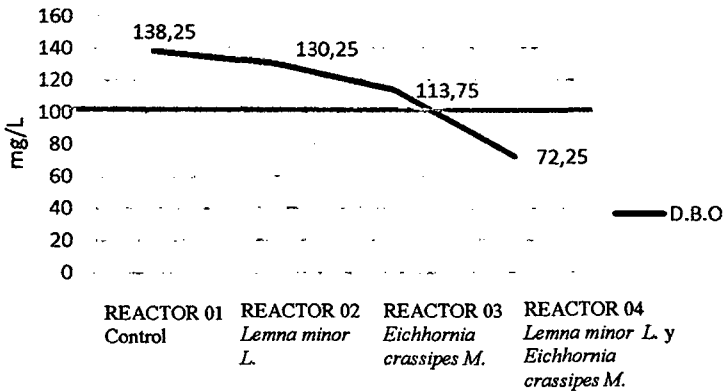
Interpretación

En el Gráfico N° 05, muestra el comportamiento del oxígeno disuelto durante los meses de junio hasta septiembre en los 4 reactores, en el reactor control sin plantas el oxígeno disuelto se encuentra elevado con 6.75 mg/l, en el reactor 02 con plantas acuáticas *Lemna minor L.* 4.13mg/l, en el reactor 03 con plantas acuáticas *Eichhornia crassipes M.* 3.65 mg/l, en el reactor 04 con *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.* 3.13 mg/l. La comparación del O.D en el efluente de las piscigranjas tratados permite medir la efectividad del sistema de tratamiento para observar si existen zonas aerobias y/o anaerobias. Sin embargo notamos que el oxígeno disuelto también es decreciente en el efluente esto es debido porque las plantas acuáticas se han reproducido y crecieron sus raíces ocupando mayor espacio, proliferándose algas reduciéndose el oxígeno disuelto en los reactores.

Tabla N°06 – Demanda Bioquímica de Oxígeno

SISTEMA POR TANDAS				
PARAMETROS	Reactor 01 Control	Reactor 02 <i>Lemna minor L.</i>	Reactor 03 <i>Eichhornia crassipes M.</i>	Reactor 04 <i>Lemna minor L.</i> y <i>Eichhornia crassipes M.</i>
D.B.O	138.25 mg/l	130.25 mg/l	113.75 mg/l	72.25 mg/l

Gráfico N°06 - Demanda Bioquímica de Oxígeno
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO



SISTEMA POR TANDAS

Fuente: Planta Piloto de Investigación-Sector Indañe (Empresa Acuícola Alto Mayo).

Interpretación

En el gráfico N° 06, muestra el comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno durante los meses de junio hasta septiembre en los 4 reactores, la DBO da como resultado la cantidad de materia orgánica biodegradable que contiene el agua a estudio.

En el reactor 01 control sin plantas la demanda bioquímica es la más alta con 138.25 mg/l indicando que el efluente de las piscigranjas contienen alta materia orgánica biodegradable, en el reactor 02 con plantas acuáticas especie *Lemna minor* L. 130.25 mg/l de DQO, en el reactor 03 *Eichhornia crassipes* M. 113.75 mg/l y en el reactor 04 *Lemna minor* L. y *Eichhornia crassipes* M. 72.25 mg/l siendo uno de los reactores con más eficiencia de disminuir la materia orgánica biodegradable.

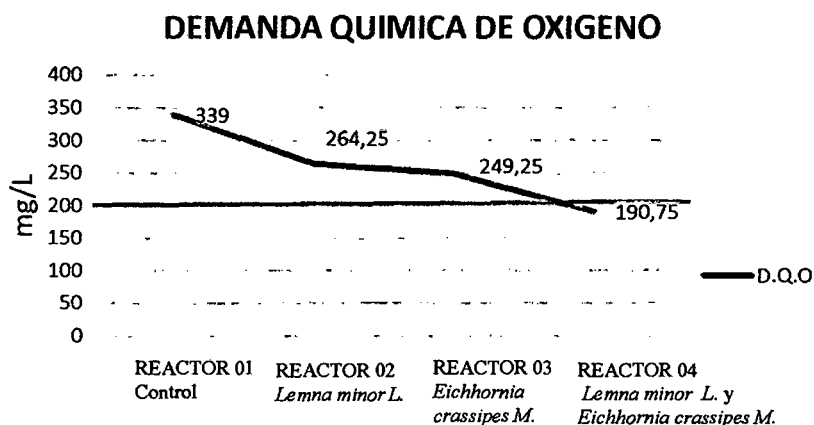
Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla). Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C; esto se indica como D.B.O₅.

Según los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de Aguas (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM), el D.B.O es 100 mg/l, los resultados obtenidos en los reactores se encuentran dentro del límite, logrando disminuir la DBO hasta 72.25 mg/l en el reactor 03, las plantas acuáticas han logrado remover la materia orgánica biodegradable.

Tabla N°07- Demanda Química de Oxígeno

SISTEMA POR TANDAS				
PARAMETROS	Reactor 01 Control	Reactor 02 <i>Lemna minor</i> L.	Reactor 03 <i>Eichhornia</i> <i>crassipes</i> M.	Reactor 04 <i>Lemna minor</i> L. y <i>Eichhornia</i> <i>crassipes</i> M.
D.Q.O	339 mg/l	264.25 mg/l	249.25 mg/l	190.75 mg/l

Gráfico N°07 - Demanda Química de Oxígeno



SISTEMA POR TANDAS

Fuente: Planta Piloto de Investigación-Sector Indaño (Empresa Acuicola Alto Mayo).

Interpretación

En el gráfico N° 07, muestra el comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno durante los meses de junio hasta septiembre en los 4 reactores, la DQO da como resultado la cantidad de materia orgánica no biodegradable que contiene el agua a estudio.

En el reactor 01 control sin plantas la demanda química es la más alta con 339 mg/l indicando que el efluente de las piscigranjas contienen alta materia orgánica no biodegradable, en el reactor 02 con plantas acuáticas especie *Lemna minor* L. 264.25 mg/l de DQO, en el reactor 03 *Eichhornia crassipes* M. 249.25 mg/l y en el reactor 04 *Lemna minor* L. y *Eichhornia crassipes* M. 190.75 mg/l siendo uno de los

reactores con más eficiencia de disminuir la materia orgánica no biodegradable durante el proceso de tratamiento con las plantas acuáticas.

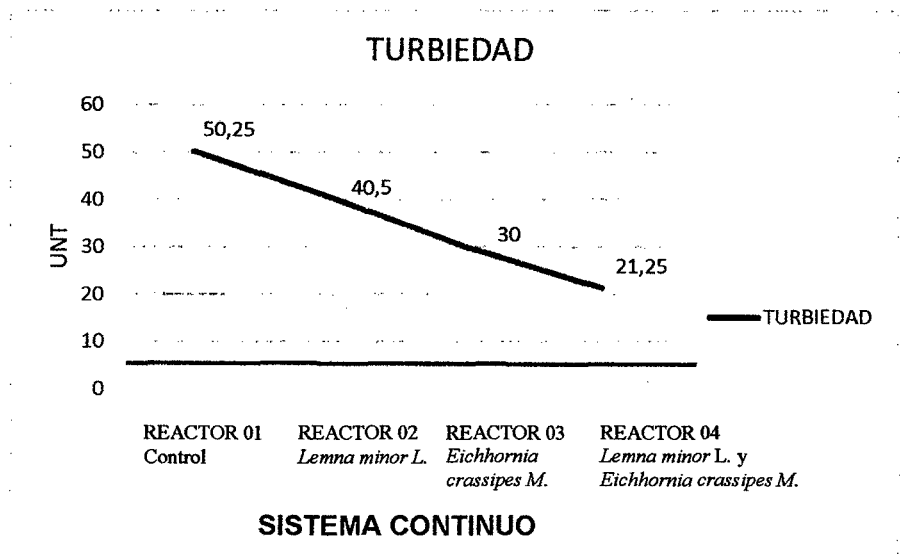
Según los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de Aguas (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM), la D.Q.O es 200 mg/l, los resultados obtenidos en los reactores se encuentran dentro del límite de descarga a cuerpo receptor de agua dulce, logrando disminuir la DBO hasta 190.75mg/l en el reactor 03, las plantas acuáticas han logrado remover la materia orgánica biodegradable.

3.1.5 Resultados de Parámetros del Sistema Continuo

Tabla N°08 - Turbiedad

SISTEMA CONTINUO				
PARAMETRO	Reactor 01 Control	Reactor 02 <i>Lemna minor L.</i>	Reactor 03 <i>Eichhornia crassipes M.</i>	Reactor 04 <i>Lemna minor L. y Eichhornia crassipes M.</i>
TURBIEDAD	50.25 UNT	40.5 UNT	30 UNT	21.25 UNT

Grafico N°08 - Turbiedad



Fuente: Planta Piloto de Investigación-Sector Indañe (Empresa Acuicola Alto Mayo).

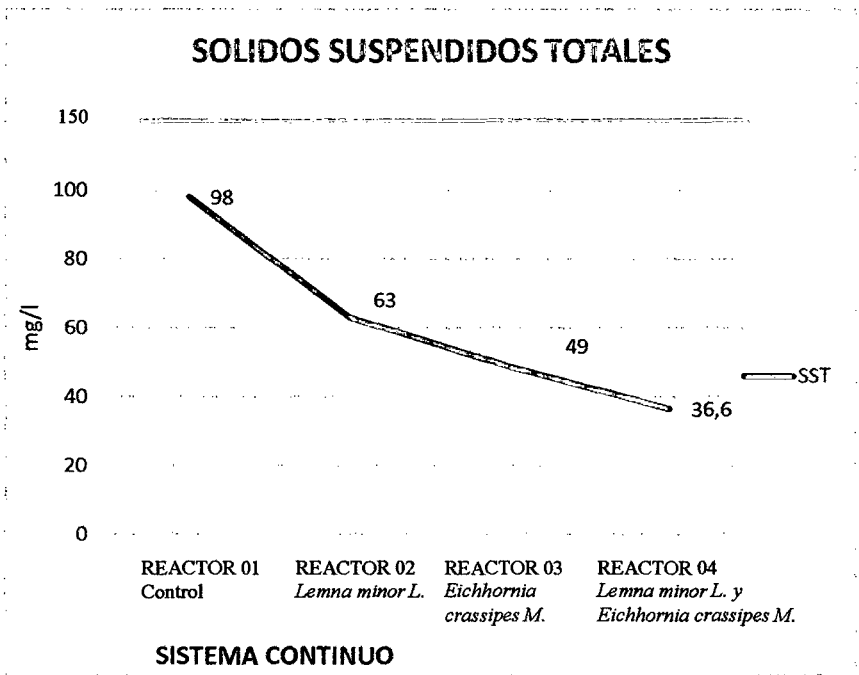
Interpretación

En el sistema continuo la turbiedad del efluente ha entrado con 50.25 UNT en el mes de agosto encontrándose sin tratamiento alguno al pasar 3 meses en el reactor 4 con plantas acuáticas *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.* ha logrado bajar la turbiedad del agua llegando a 21.25 UNT de turbiedad. Esto quiere decir que las plantas acuáticas cumplen con la función de absorber los sólidos suspendidos totales y logra clarificar en todos los reactores del sistema, siendo los reactores con más eficiencia el reactor 03 *Eichhornia crassipes M.* y 04 *Lemna minor L. y Eichhornia crassipes M.*

Tabla N°09 – Solidos Suspendidos Totales

SISTEMA CONTINUO				
PARAMETRO	Reactor 01 Control	Reactor 02 <i>Lemna minor L.</i>	Reactor 03 <i>Eichhornia crassipes M.</i>	Reactor 04 <i>Lemna minor L.</i> y <i>Eichhornia crassipes M.</i>
SST	98 mg/l	63 mg/l	49 mg/l	36.6 mg/l

Gráfico N°09- Solidos Suspendidos Totales



Fuente : Planta Piloto de Investigación-Sector Indañe (Empresa Acuicola Alto Mayo).

Interpretación

En el gráfico N° 09, muestra el comportamiento del parámetro de solidos suspendidos totales durante los meses de Junio hasta septiembre. El efluente ha llegado a la planta piloto con 98 mg/l de SST, el cual quiere decir que ha llegado con una turbiedad alta, en los tres reactores estudiados los SST ha descendido teniendo en el reactor 2 con *Lemna minor L.* 63 mg/l de SST y en el reactor 3 con *Eichhornia crassipes M.* con una turbiedad de 49 mg/l y el reactor 04 *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.* con 49 mg/l siendo el reactor de menos SST

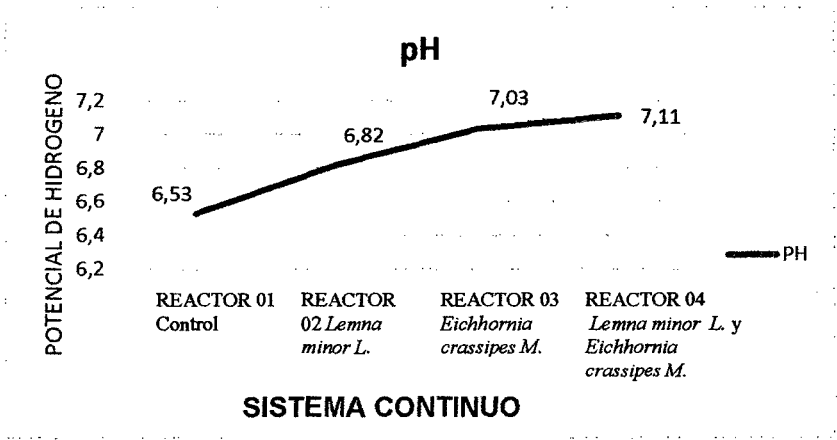
indicándonos que los SST se encuentran presentes en los reactores el cual nos indica que existe materia orgánica biodegradable en el efluente y está presente en las raíces de las plantas acuáticas.

Según los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de Aguas (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM), son 100 mg/l de solidos suspendidos totales, el efluente de piscigranjas mediante las plantas acuáticas ha logrado disminuir los sólidos suspendidos totales en todos los reactores, logrando disminuir hasta 36.6 mg/l de SST, las plantas han cumplido su función de remover la materia orgánica presente en el efluente y se encuentra dentro de los límites de descarga a un cuerpo agua dulce.

Tabla N°10- pH

SISTEMA CONTINUO				
PARAMETRO	Reactor 01 Control	Reactor 02 <i>Lemna minor</i> L.	Reactor 03 <i>Eichhornia crassipes</i> M.	Reactor 04 <i>Lemna minor</i> L. y <i>Eichhornia crassipes</i> M.
PH	6.53 Potencial de Hidrogeno	6.82 Potencial de Hidrogeno	7.03 Potencial de Hidrogeno	7.11 Potencial de Hidrogeno

Gráfico N°10 -pH



Fuente: Planta Piloto de Investigación-Sector Indañe (Empresa Acuícola Alto Mayo).

Interpretación

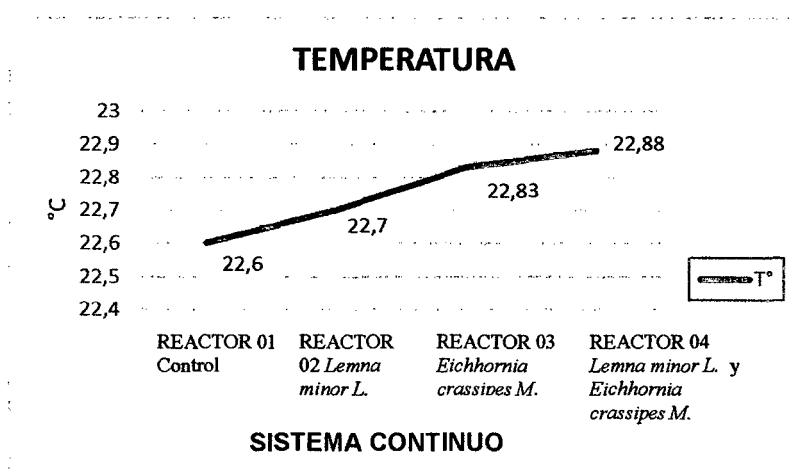
En el grafico N° 10, muestra el comportamiento de los parámetros de pH durante los meses de Junio hasta Septiembre. El pH expresa la intensidad de la condición acida o alcalina del efluente, el pH del agua natural depende de la concentración de CO₂, el cual es un indicador para la remoción de materia orgánica biodegradable, en el reactor 01 control se encontró con 6.53 potencial de hidrogeno teniendo una concentración acida, y en el reactor 04 un pH 7.11 el más alto indicando que el agua se encuentra ligeramente alcalino el cual favorece a la remoción de la materia orgánica biodegradable.

Según los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de Aguas (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM), el pH debe ser de 6.5-8.5 encontrándose en el rango en todos los reactores.

Tabla N°11 -Temperatura

SISTEMA CONTINUO				
PARAMETRO	Reactor 01 Control	Reactor 02 <i>Lemna minor L.</i>	Reactor 03 <i>Eichhornia crassipes M.</i>	Reactor 04 <i>Lemna minor L. y Eichhornia crassipes M.</i>
T°	22.6 C°	22.7 C°	22.83 C°	22.88 C°

Gráfico N°11 - Temperatura



Fuente: Planta Piloto de Investigación-Sector Indafie (Empresa acuícola Alto Mayo).

Interpretación

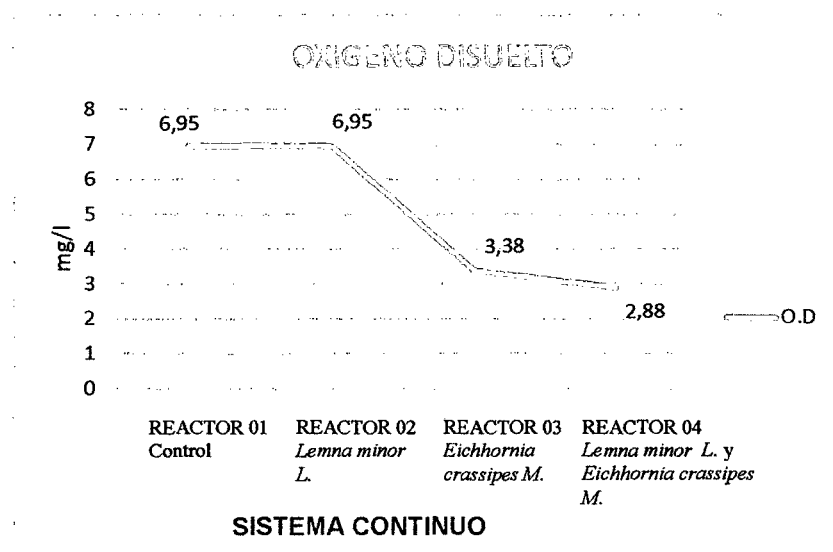
En el gráfico N° 11, muestra el comportamiento de la T° durante los meses de junio hasta septiembre en los 4 reactores. La temperatura es un indicador importante para la reproducción bacteriana del efluente, también para la fotosíntesis en las plantas.

Según los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de Aguas (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM), debe ser menores a 35°, el cual cumple en los cuatro reactores, siendo la temperatura más alta en el reactor 04 , el cual indica a mayor temperatura mayor proliferación de microorganismos para remover la materia orgánica biodegradable.

Tabla N°12 –Oxígeno Disuelto

SISTEMA CONTINUO				
PARAMETRO	Reactor 01 Control	Reactor 02 <i>Lemna minor</i> L.	Reactor 03 <i>Eichhornia crassipes</i> M.	Reactor 04 <i>Lemna minor</i> L. y <i>Eichhornia crassipes</i> M.
O.D	6.95 mg/l	6.95 mg/l	3.38 mg/l	2.88 mg/l

Grafico N°12 - Oxígeno Disuelto



Fuente: Planta Piloto de Investigación-Sector Indaño (Empresa Acuícola Alto Mayo).

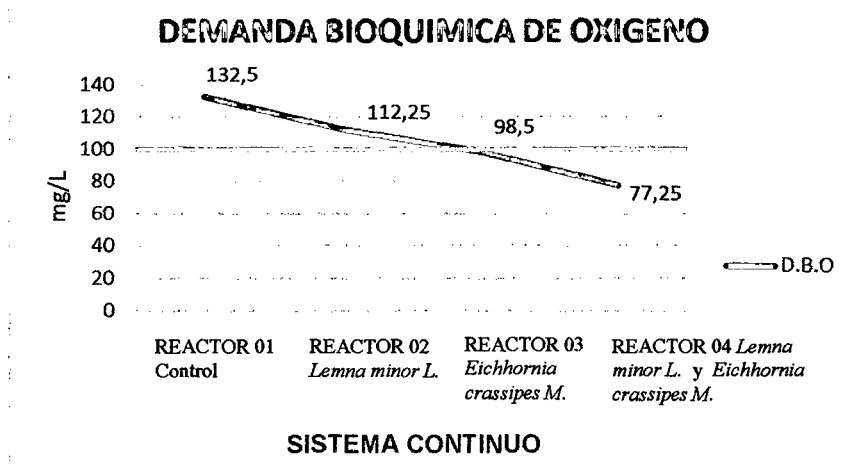
Interpretación

En el gráfico N° 12, muestra el comportamiento del oxígeno disuelto durante los meses de Junio hasta Septiembre en los 4 reactores, en el reactor control sin plantas el oxígeno disuelto se encuentra elevado con 6.95 mg/l, en el reactor 02 con plantas acuáticas *Lemna minor L.* 6.95mg/l, en el reactor 03 con plantas acuáticas *Eichhornia crassipes M.* 3.38 mg/l, en el reactor 04 con *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.* 2.88mg/l. La comparación del O.D en el efluente de las piscigranjas tratados permite medir la efectividad del sistema de tratamiento para observar si existen zonas aerobias y/o anaerobias. Sin embargo notamos que el oxígeno disuelto también es decreciente en el efluente esto es debido porque las plantas acuáticas se han reproducido y crecieron sus raíces ocupado mayor espacio, proliferándose algas reduciéndose el oxígeno disuelto en los reactores.

Tabla N°13 –Demanda Bioquímica de Oxígeno

SISTEMA CONTINUO				
PARAMETRO	Reactor 01 Control	Reactor 02 <i>Lemna minor L.</i>	Reactor 03 <i>Eichhornia crassipes M.</i>	Reactor 04 <i>Lemna minor L.</i> y <i>Eichhornia crassipes M.</i>
D.B.O	132.5 mg/l	112.25 mg/l	98.5 mg/l	77.25 mg/l

Grafico N°13 - Demanda Bioquímica de Oxígeno



Fuente: Planta Piloto de Investigación-Sector Indaño (Empresa Acuícola Alto Mayo).

Interpretación

En el gráfico N° 13, muestra el comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno durante los meses de junio hasta septiembre en los 4 reactores, la DBO da como resultado la cantidad de materia orgánica biodegradable que contiene el agua a estudio. Se define como D.B.O. de un líquido a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas facultativas: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Bacillus*), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg / l.

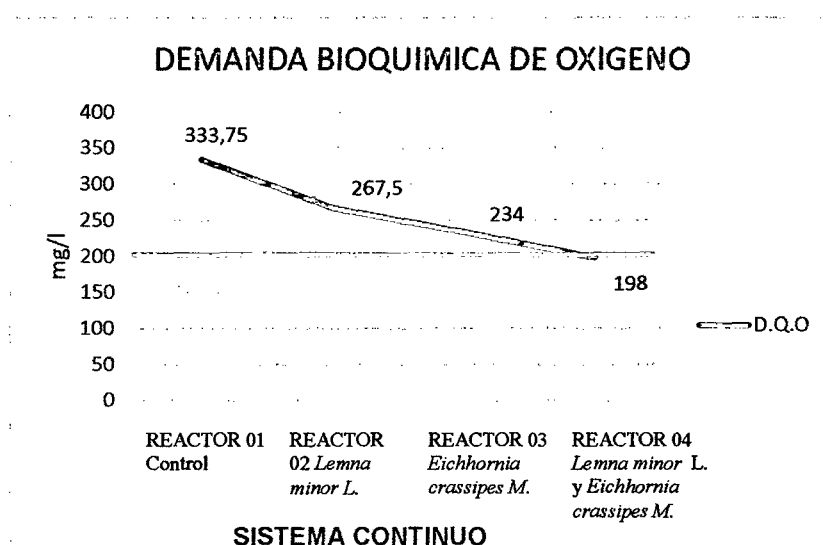
En el reactor 01 control sin plantas la demanda bioquímica es la más alta con 132.5 mg/l indicando que el efluente de las piscigranjas contienen alta materia orgánica biodegradable, en el reactor 02 con plantas acuáticas especie *Lemna minor L.* 112.25 mg/l de DQO, en el reactor 03 *Eichhornia crassipes* 98.5 mg/l y en el reactor 04 *Lemna minor L.* y *Eichhornia Crassipes M.* 77.25 mg/l siendo uno de los reactores con más eficiencia de disminuir la materia orgánica biodegradable. Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla).

Según los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de Aguas (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM), el D.B.O es 100 mg/l, los resultados obtenidos en los reactores se encuentran dentro del límite de descarga a cuerpo receptor de agua dulce, logrando disminuir la DBO hasta 72.25 mg/l en el reactor 03, las plantas acuáticas han logrado remover la materia orgánica biodegradable.

Tabla N°14- Demanda Química de Oxígeno

SISTEMA CONTINUO				
PARAMETRO	Reactor 01 Control	Reactor 02 <i>Lemna minor L.</i>	Reactor 03 <i>Eichhornia crassipes M.</i>	Reactor 04 <i>Lemna minor L.</i> y <i>Eichhornia crassipes M.</i>
D.Q.O	333.75 mg/l	267.5 mg/l	234 mg/l	198 mg/l

Grafico N°14 - Demanda Química de Oxígeno



Fuente: Planta Piloto de Investigación-Sector Indañe (Empresa Acuicola Alto Mayo).

Interpretación

En el gráfico N° 14, muestra el comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno durante los meses de junio hasta septiembre en los 4 reactores, la DBO da como resultado la cantidad de materia orgánica no biodegradable que contiene el agua a estudio.

En el reactor 01 control sin plantas la demanda química es la más alta con 333.75 mg/l indicando que el efluente de las piscigranjas contienen alta materia orgánica no biodegradable, en el reactor 02 con plantas acuáticas especie *Lemna minor L.* 267.5 mg/l de DQO, en el reactor 03 *Eichhornia crassipes M.* 234 mg/l y en el reactor 04 *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.* 198.00 mg/l siendo uno de

los reactores con más eficiencia de disminuir la materia orgánica no biodegradable durante el proceso de tratamiento con las plantas acuáticas.

Según los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de Aguas (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM), el D.Q.O es 200 mg/l, los resultados obtenidos en los reactores se encuentran dentro del límite de descarga a cuerpo receptor de agua dulce, logrando disminuir la DBO hasta 198 mg/l en el reactor 04, las plantas acuáticas han logrado remover la materia orgánica biodegradable.

3.2 Discusiones.

Las Plantas Acuáticas son una buena Alternativa para la Remoción de la Materia Orgánica biodegradable.

Para el tratamiento de efluentes de piscigranjas, las plantas acuáticas son una buena alternativa para la remoción de contaminantes, especialmente de la materia orgánica biodegradable, el cual son ricos en proteínas, carbohidratos, aceites y grasas, producto de la descomposición de alimentos y heces de los peces. Las plantas acuáticas utilizadas son *Lemna minor* L. (“Lenteja de agua”) y *Eichhornia crassipes* M. (“Jacinto de agua”), el cual se adaptan a los cambios de temperatura de la zona de investigación y el tamaño de las raíces de las plantas están en función de los nutrientes del efluente.

En los resultados de la investigación nos muestra que existe relación entre la remoción de contaminantes y el tamaño de las plantas así como su sistema radicular, las plantas crecidas en estos sistemas de tratamiento presentan altas velocidades de crecimiento y valores de proteína entre 25% y 30%.

Durante el desarrollo de la investigación las plantas acuáticas han demostrado que el crecimiento de las raíces está en función definitivamente de la cantidad de nutrientes que descarga el efluente, teniendo una longitud de crecimiento máxima en los sistemas de tratamiento *Eichhornia crassipes* M. 60 cm y *Lemna minor* L. (9cm).

Evaluación de Remoción de materia Orgánica.

Según Mariana Romero Aguilar, Arturo Colín Cruz. De Cuernavaca –México (2009) muestra de la evaluación de materia orgánica depende del sustrato como en las raíces de las plantas, ayuda a la remoción de materia orgánica Biodegradable y de los nutrimentos del agua residual que está bajo tratamiento. Los compuestos orgánicos son transformados en formas más simples y por lo tanto, más fáciles de eliminar del sistema.

En los sistemas de tratamiento empleados en la investigación, por tandas y un sistema continuo, según las muestras tomadas en los cuatros meses.

La eficiencia de remoción de los parámetros analizados en el Sistema por tandas no

fue muy significativo debido a que el agua tenía un periodo de retención de 30 días durante los cuatro meses y el crecimiento de las plantas no fueron tan significantes, por motivos que no existían mayor nutriente en el efluente, teniendo un promedio de remoción un 3% negativos de los parámetros. Indicándonos que las plantas acuáticas no se han desarrollado y no se logró remover la materia orgánica biodegradable, también existiendo una cantidad mayor al que de entrada del parámetro, el cual nos indica que no se ha reducido el porcentaje de contaminación.

La eficiencia de remoción de los parámetros analizados en el Sistema Continuo fue muy significativo, se removió el 50% de la materia orgánica biodegradable en el reactor 04 con siembra de plantas acuáticas *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.*, llegando a crecer sus raíces hasta 60cm de largo y 9 cm de largo.

Los resultados obtenidos del efluente de las piscigranjas, en la salida del efluente a la quebrada, Se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de Aguas (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM), por lo tanto estos tratamientos deben ser aplicados como unidades avanzadas en las empresas de acuicultura.

En la investigación titulado “Aplicación de humedal artificial con macrofitas flotantes”. Oscila que la temperatura entre 21°C Y 23°C, la planta acuática *Eichhornia crassipes M.* ha tenido un crecimiento mayor, en la investigación el rango de temperatura es menores a 35 °C, el cual ha favorecido el crecimiento de las plantas acuáticas logrando medir sus raíces. En el sistema por tandas se obtuvo un mayor crecimiento en *Lemna minor L.* de 4 cm y *Eichhornia crassipes M.* de 20 cm. En el sistema continuo se muestra que las plantas acuáticas *Lemna minor L.* ha logrado crecer hasta 9 cm y la planta acuática *Eichhornia crassipes M.* hasta 60 cm, permitiendo logrando tener un DBO5 de salida de 77.25 mg/l, el cual se encuentran entre los límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales (Decreto supremo N° 003-2010-MINAM).

3.3 Conclusiones

- ✓ Las especies *Lemna minor* L. (“lenteja de agua”) y *Eichhornia crassipes* M. (“Jacinto de agua”) logro remover la materia orgánica biodegradable en efluentes de las piscigranjas de la empresa acuícola Alto Mayo, provincia de Moyobamba-2014, utilizando grupos experimentales.
- ✓ Se logró Determinar las eficiencias o porcentajes de remoción, principalmente de materia orgánica biodegradable en los efluentes de piscigranjas de la empresa acuícola Alto Mayo; mediante el cultivo de plantas acuáticas *Lemna minor* L. (“Lenteja de agua”) y *Eichhornia crassipes* M. (“Jacinto de agua”) en un sistema de planta piloto, realizando análisis de ciertos parámetros en los cuatro meses, logrando medir la carga orgánica el parámetro de DBO, DQO y O.D y SST, Turbiedad, pH, Temperatura en los dos sistemas: por tandas y continuo. El sistema que más eficiencia tuvo para lograr remover la materia orgánica biodegradable fue el sistema continuo siendo más eficiente el reactor 04 con plantas acuáticas *Lemna minor* L. y *Eichhornia crassipes* M. , ya que sus raíces tienen la capacidad de remover los sólidos suspendidos totales del efluente de aguas de la piscigranjas y logrando reproducirse las plantas al 100 % del espacio total de los reactores.
- ✓ Se logró determinar el punto óptimo de crecimiento de las plantas acuáticas bajo condiciones controladas de cosecha; el crecimiento de las raíces en *Eichhornia crassipes* M. y *Lemna minor* L. en cada semana han aumentado su tamaño en los dos sistemas continuo y por tandas, teniendo el sistema por tandas un promedio de 20cm de largo en *Eichhornia crassipes* M. y 4cm de *Lemna minor* L., y en el sistema continuo la especie *Eichhornia crassipes* M. 60cm y la especie *Lemna minor* L. 9cm de largo, siendo la planta que más se ha desarrollado en los cuatro meses .
- ✓ Se obtuvo la eficiencia de las plantas acuáticas para la remoción de materia orgánica biodegradable y se consiguió evaluar los tratamientos y las eficiencias de remoción a escala de laboratorio bajo condiciones continuas y controladas, siendo el sistema continuo el más eficiente en la remoción de materia orgánica biodegradable (50%).

3.4 RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda a los estudiantes de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Aprovechar los recursos naturales. Las plantas acuáticas nos ofrece una alternativa de tratamiento para aguas residuales, que sería una tecnología de bajo costo, razón por la que su uso debe ser difundido como un recurso para el saneamiento básico.
- ✓ Sería muy importante enfocarse a desarrollar una planta de tratamiento, con tratamiento primarios de aguas residuales a base de *Lemna minor L.* y *Eichhornia crassipes M.*, el cual ayuda la remoción de materia orgánica (DBO5), teniendo un tratamiento biológico eficiente.
- ✓ Se recomienda continuar con el estudio de la evaluación de las plantas acuáticas con diferentes concentraciones y efluentes que contienen materia orgánica.
- ✓ Sería recomendable hacer un análisis de la capacidad de absorción de metales y microbiológicos. Con la utilización de las plantas acuáticas estudiadas, en diferentes efluentes de aguas residuales.
- ✓ Es importante notar que el tiempo de retención dependerá de la capacidad de absorción de estas plantas acuáticas. En la mayoría de los casos de tratamiento de aguas residuales mediante plantas acuáticas, el fosforo es consumido rápidamente, es por ello que es necesario realizar análisis de nitratos y fosfatos, para ver el comportamiento de la remoción de los nutrientes del efluente.
- ✓ Se recomienda que para futuras investigaciones se debe estudiar en detalle todos los procesos entre las raíces, el agua residual, los microorganismos y el material filtrante, para tener visión compleja de los procesos que llegan a depurar los contaminantes del agua residual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ángel, Ca (1995). Tratamiento, Vertimiento Y Reutilización.

Arias, Sergio y otros (2010). Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. Informe técnico (Colombia), Vol. 74,12-22.

Autoridad Nacional del Agua (2010). *Protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos*, DGCRH/ANA. (pp. 24 y 33).

Bejario, R (1995). Lenteja de agua para el tratamiento de aguas residuales. Universidad de Boyacá.

Borreno, J. (1999). Tratamiento de aguas residuales municipales empleando plantas acuáticas flotantes. Tesis para obtener el Título de Máster en Ingeniería y Gestión Ambiental. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

Caicedo, J. (2004). Lenteja de agua para el tratamiento de aguas residuales, factores ambientales y físicos químicos que afectan su crecimiento.

Carranza, O y Pabello, V. (2005). Tratamiento de aguas residuales municipales empleando plantas acuáticas flotantes. Editor. Álamo. Pág. 25-30.

Celis, J. et al. (2005). Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. Universidad del bio-bio chillán, Chile.

Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L. Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. (Proyecto HUMEDAL). Cochabamba, Bolivia: Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Simón.

Fernández, A. (2006). Fitodepuración plantas acuáticas para limpiar residuos.

Fernández, J. Beascoechea, E, Muños, J. Fernandes, M (2004). Manual de fitodepuración. Filtros de Macrófitas en flotación. España: Universidad Politécnica de Madrid.

González Leal, Gladys Rocío. (2012), 1era Edición. Escuela colombiana de Ingeniería. Microbiología del agua Conceptos y aplicaciones.

Hernández, R. *Metodología de la Investigación*, (4ta edicion). MEXICO: Mc GRAW HILL.

Lovley, DR (2003). «Cleaning up with genomics: applying molecular biology to bioremediation». *Nature Reviews. Microbiology*. 1 (1): pp. 35 – 44.

Ministerio del Ambiente. (2008). *Decreto que aprueba límites Máximos permisibles*, Decreto Supremo N° 003-2008/MINAM. (p. 3).

Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010). *“Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías*

Metcalf & Eddy, INC. Tercera Edición Volumen II (1995). Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización.

Orozco Jaramillo, Alvaro (2005). Primera Edición. Bioingeniería De Aguas Residuales. Teoría y Diseño.

Russell, David L. (1943). Tratamiento de Aguas Residuales. Un enfoque Practico 1 (1): pp. 88 – 102.

Rodríguez, M. & García, K., (2012). *“Depuración de aguas servidas, utilizando especies acuáticas, en la ciudad de Moyobamba”*. (Trabajo de investigación).

Rodríguez, M. & García, K., (2012). *“Depuración de aguas servidas, utilizando especies acuáticas, en la ciudad de Moyobamba”*. (Trabajo de investigación).

Valderrama,L (2005). Evaluación del efecto del tratamiento con plantas acuáticas (E. crassipes, lemna minor, y l, leavigatom) en la remoción de indicadores de contaminación fecal en aguas residuales domesticas Bogotá, Colombia.

Villanueva M., Cardona T.,ta fur M , Barbosa A(2007).Buenas prácticas en la producción acuícola. Procedimentos grupo capacitación y difusión tecnológica, ICA .Colombia.sap.

ANEXOS

**FOTOS SISTEMA CONTINUO Y POR TANDAS EN LA EMPRESA ACUICOLA
ALTO MAYO – SECTOR INDAÑE (LUGAR DE INVESTIGACIÓN).**

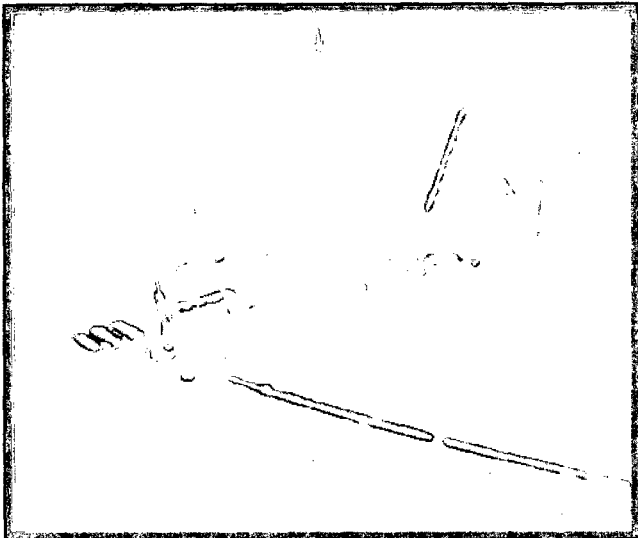
**IMAGEN 01: CONTRUCCCIÓN DEL
CERCO PERIMÉTRICO Y LIMPIEZA DEL
LUGAR DE INVESTIGACIÓN**



**IMAGEN 02: INSTALACIÓN DE LOS
REACTORES, MEDIANTE UN SISTEMA
POR TANDAS Y CONTINUO.**

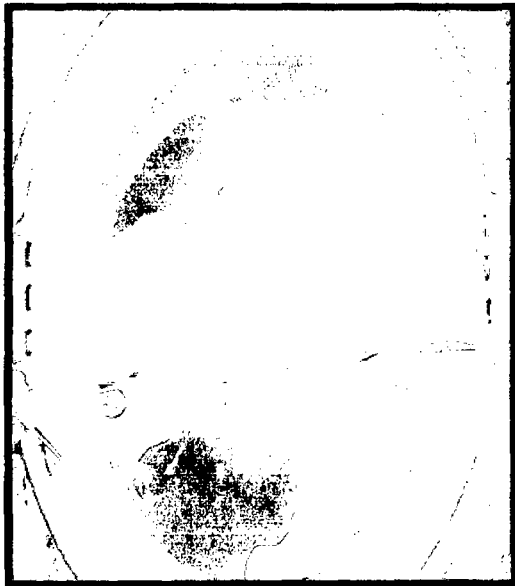


**IMAGEN 03: SIEMBRA DE LAS PLANTAS
ACUATICAS EN LOS REACTORES.**

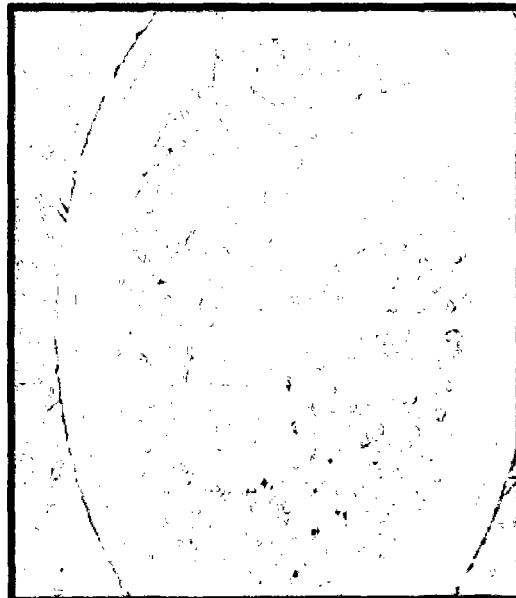


SISTEMA POR TANDAS (PLANTA PILOTO)- DESPUES DE 4 MESES.

**IMAGEN 01: R- 01 (CONTROL)
SISTEMA POR TANDAS**



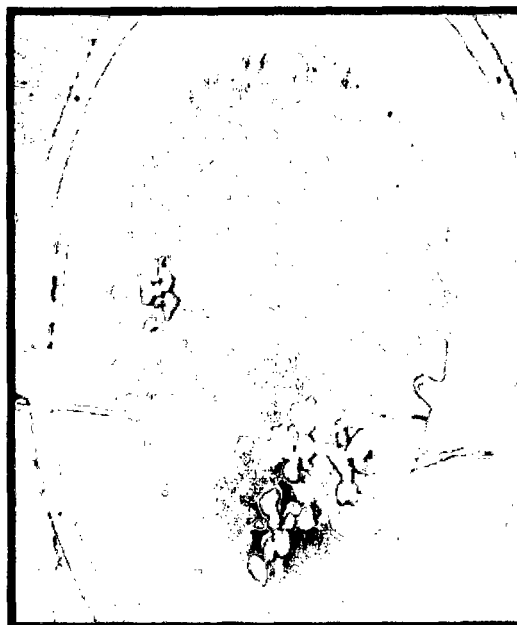
**IMAGEN 02: R- 02
ESPECIE *Lemna minor* L. –
SISTEMA POR TANDAS**



**IMAGEN 03: R- 03 ESPECIE
Eichhornia crassipes M. -SISTEMA
POR TANDAS**



**IMAGEN 04: R- 04 ESPECIE
Eichhornia crassipes M. y *Lemna minor*
L. -SISTEMA POR TANDAS**

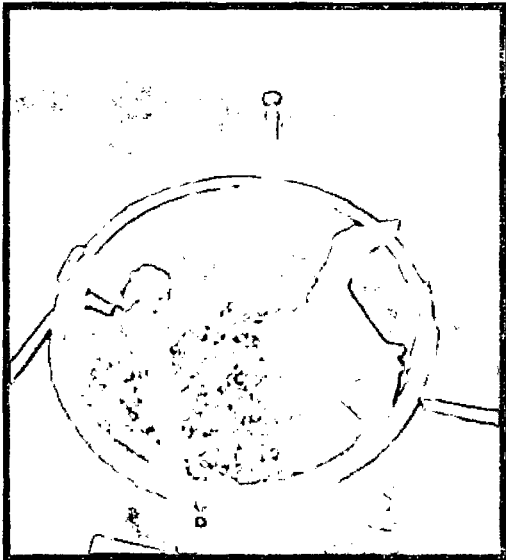


SISTEMA CONTINUO (PLANTA PILOTO)- DESPUES DE 4 MESES.

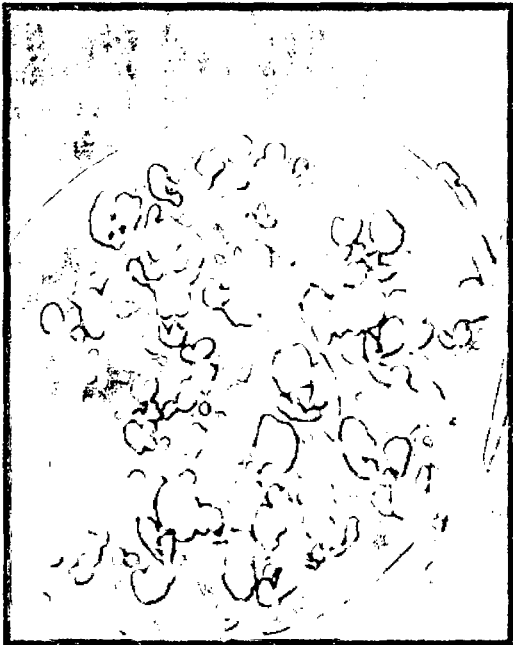
**IMAGEN 01: R- 01 (CONTROL)
RECOLECCION
DE MUESTRAS CADA MES.**



**IMAGEN 02: R- 02
ESPECIE *Lemna minor* L. –
SISTEMA CONTINUO**



**IMAGEN 03: R- 03 ESPECIE
Eichhornia crassipes M. -SISTEMA
CONTINUO**



**IMAGEN 04: R- 04 ESPECIE *Eichhornia*
crassipes M. Y *Lemna minor* L. -
SISTEMA CONTINUO**



**IMAGEN 05: R- 02 CRECIMIENTO DE
RAIZ *Lemna minor* L.-SISTEMA
CONTINUO**



**IMAGEN 06: R- 03 CRECIMIENTO
DE RAIZ ESPECIE *Eichhornia
crassipes* M. -SISTEMA CONTINUO**



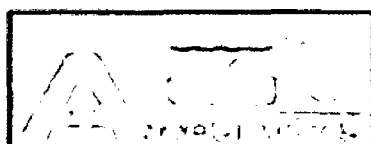
**IMAGEN 07: R- 04 CRECIMIENTO
DE RAIZ ESPECIE *Eichhornia
crassipes* M.-SISTEMA CONTINUO**



LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS O MUNICIPALIDADES. (DECRETO SUPREMO N° 003-2010- MINAM.)

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/l	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	ml/l	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Decreto Supremo N°003-2010- Ministerio del Ambiente.



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

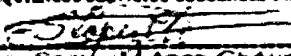
INFORME DE ENSAYO N° 007-2014/ANAQUIMICOS/CC

SOLICITANTE : Nayti Vanessa Tuesta Flores
PUNTO DE MUESTREO : X 0278457 / Y 9329632 UTM
MUESTRA : Efluente de Piscigranjas (Sistema per tandas)
FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 29-08-2014.
HORA TOMA DE MUESTRA : 14:35 /14:40 /14:46 / 14:54
MUESTREADO : Por el Solicitante.
FECHA DE EMISIÓN : 06-09-2014

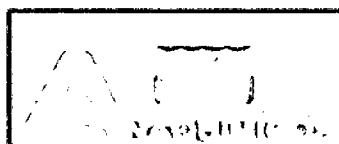
RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS			
		REACTOR (01)	REACTOR (02)	REACTOR (03)	REACTOR (04)
Turbiedad	UNT	30.0	22.0	18.0	12.0
pH	Potencial de Hidrógeno	6.88	6.90	6.95	7.00
SST	mg/L	69.0	52.0	55.0	39.0
T°	°C	22.90	23.05	23.10	23.10
O.D	mg/L	8.0	7.0	7.50	8.0
D.B.O	mg/L	138.0	143.0	130.0	87.0
D.Q.O	mg/L	227.0	252.0	233.0	147.0

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES S.A.S.


Ing. Samuel López Chávez
CIP N° 140674
TITULAR GERENTE

Dirección: Jr. San Francisco N° 230 - Moyobamba-San Martín - Perú
Celular: 956430484 / RPM: +956430484 anaquimicos01@hotmail.com
RUC: 20572240372



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

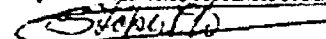
INFORME DE ENSAYO N° 22-2014/ANAQUÍMICOS/CC

SOLICITANTE : Nayti Vanessa Tuesta Flores
PUNTO DE MUESTREO : X 0278457 / Y 9329632 UTM
MUESTRA : Efluente de Piscigranjas (Sistema por tandas)
FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 09-09-2014.
HORA TOMA DE MUESTRA : 14:40 / 14:58 / 15:04 / 15:08
MUESTREADO : Por el Solicitante.
FECHA DE EMISIÓN : 16-09-2014

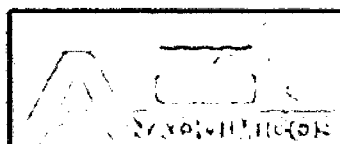
RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS			
		REACTOR (01)	REACTOR (02)	REACTOR (03)	REACTOR (04)
Turbiedad	UNT	46.0	25.0	20.0	14.0
pH	Potencial de Hidrogeno	5.90	6.60	6.90	7.10
SST	mg/L	85.0	48.0	57.0	42.0
T°	°C	22.30	22.80	23.0	23.0
O.D	mg/L	6.0	4.0	3.2	2.0
D.B.O	mg/L	128.0	140.0	138.0	80.0
D.Q.O	mg/L	350.0	250.0	239.0	150.0

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES S.R.L.


Ing. Samuel López Chávez
CIP. N° 140674
TITULAR GERENTE

Dirección: Jr. San Francisco N° 230 - Moyobamba-San Martín - Perú
Celular: 956430481 / RPM: 6956430481 anaquimicos01@hotmail.com
RUC: 20572240372



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

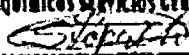
INFORME DE ENSAYO N° 032-2014/ANAQUÍMICOS/CC

SOLICITANTE : Nayti Vanessa Tuesta Flores
PUNTO DE MUESTREO : X 0278457 / Y 9329632 UTM
MUESTRA : Efluente de Piscigranjas (Sistema por tandas)
FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 15 -10 -2014.
HORA TOMA DE MUESTRA : 14:42 /15:05 /15: 12 / 15: 25
MUESTREADO : Por el Solicitante.
FECHA DE EMISIÓN : 22 -10 - 2014

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS			
		REACTOR (01)	REACTOR (02)	REACTOR (03)	REACTOR (04)
Turbiedad	UNT	64.0	45.0	19.0	13.0
pH	Potencial de Hidrogeno	5.58	6.70	6.80	7.00
SST	mg/L	105.0	87.0	59.0	41.0
T°	°C	22.45	22.60	22.82	23.2
OD	mg/L	6.0	2.5	1.90	1.0
D.B.O	mg/L	142.0	118.0	92.0	60.0
D.Q.O	mg/L	389.0	276.0	260.0	230.0

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES S.R.L.


Ing. Samuel López Chávez
 CIP. N° 140674
 TITULAR GERENTE

Dirección: Jr. San Francisco N° 230 - Moyobamba-San Martín - Perú
 Celular: 956430484 / RPM : 956430484/anaquimicos01@hotmail.com
 RUC: 20572240372

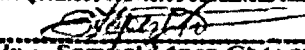
INFORME DE ENSAYO N° 021-2014/ANAQUIMICOS/CC

SOLICITANTE : Nayti Vanessa Tuesta Flores
PUNTO MUESTREO : X 0278457 / Y 9329632 UTM
MUESTRA : Efluente de Piscigranja (Sistema por tandas)
FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 06-11- 2014
HORA DE TOMA DE MUESTRA : 14:50 / 14:53 / 14:56 / 15:03
MUESTREADOR : Por el Solicitante
FECHA DE EMISIÓN : 13 - 11 - 2014

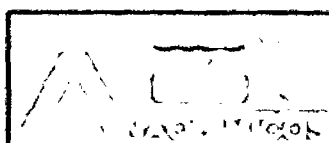
RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS			
		REACTOR (01)	REACTOR (02)	REACTOR (03)	REACTOR (04)
Turbiedad	UNT	68.00	46.00	20.00	140.00
pH	potencial de hidrogeno	5.60	6.70	7.05	7.10
SST	mg/L	108.00	89.00	62.00	43.20
T°	°C	22.55	22.80	23.00	23.50
O.D	mg/L	7.00	3.00	2.00	1.50
D.B.O	mg/L	145.00	120.00	95.00	62.00
D.Q.O	mg/L	390.00	279.00	265.00	236.00

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES S.A.S.


Iny. Samuel López Chávez
 CIP N° 140674
 TITULAR GERENTE

Dirección: Jr. San Francisco N° 230 - Moyobamba-San Martín - Perú
 Celular: 956430484 / RPM : #956430484 anaquimicos01@hotmail.com
 RUC: 20572240372



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

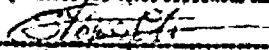
INFORME DE ENSAYO N° 006-2014/ANAQUIMICOS/CC

SOLICITANTE : Nayti Vanessa Tuesta Flores
PUNTO DE MUESTREO : X 0278457 / Y 9329632 UTM
MUESTRA : Efluente de Piscigranjas (Sistema Continuo)
FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 15-08-2014.
HORA TOMA DE MUESTRA : 7:53 a.m /8:00 a.m /8:09 a.m /8:15 a.m
MUESTREADO : Por el Solicitante.
FECHA DE EMISIÓN : 22-08-2014

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS			
		REACTOR (01)	REACTOR (02)	REACTOR (03)	REACTOR (04)
Turbiedad	UNT	95.0	85.0	77.0	60.0
pH	Potencial de Hidrogeno	6.90	6.79	6.98	7.10
SST	mg/L	118.0	97.0	70.0	48.0
T°	C	22.50	22.80	22.80	22.70
O.D	mg/L	8.0	7.0	7.0	8.0
D.B.O	mg/L	148.0	158.0	152.0	145.0
D.Q.O	mg/L	245.0	265.0	250.0	220.0

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES S.A.S.


Ing. Samuel López Chávez
CIP. N° 140674
TITULAR GERENTE

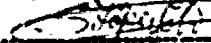
INFORME DE ENSAYO N° 021-2014/ANAQUIMICOS/CC

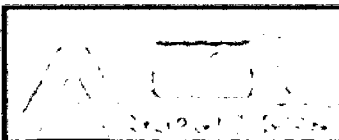
SOLICITANTE : Nayli Vanessa Tuesta Flores
PUNTO DE MUESTREO : X 0278457 / Y 9329632 UTM
MUESTRA : Efluente de Piscigranjas (Sistema Continuo)
FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 15-09-2014,
HORA TOMA DE MUESTRA : 14:50 /14:53 /14:56 / 15:03
MUESTREO : Por el Solicitante,
FECHA DE EMISIÓN : 23-09-2014

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS			
		REACTOR (01)	REACTOR (02)	REACTOR (03)	REACTOR (04)
Turbiedad	UNT	36.0	25.0	15.0	8.0
pH	Potencial de Hidrogeno	6.75	6.88	7.05	7.10
SST	mg/L	89.0	48.0	42.0	35.2
T°	C	22.70	22.8	23.0	23.0
OD	mg/L	7.0	3.0	2.50	1.5
D.B.O	mg/L	128.0	97.0	82.0	62.0
D.Q.O	mg/L	357.0	248.0	252.0	236.0

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES S.R.L.


Ing. Samuel López Chávez
 CIP. N° 240674
 TITULAR GERENTE



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

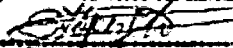
INFORME DE ENSAYO N° 023-2014/ANAQUIMICOS/CC

SOLICITANTE : Nayti Vanessa Tuesta Flores
PUNTO DE MUESTREO : X 0278457 / Y 9329632 UTM
MUESTRA : Efluente de Piscigranjas (Sistema Continuo)
FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 10-10-2014.
HORA TOMA DE MUESTRA : 14:50 /14:53 /14:56 / 15:03
MUESTREADO : Por el Solicitante.
FECHA DE EMISIÓN : 16 - 10-2014

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS			
		REACTOR (01)	REACTOR (02)	REACTOR (03)	REACTOR (04)
Turbiedad	UNT	42.0	30.0	10.0	7.0
pH	Potencial de Hidrógeno	5.65	6.70	6.97	7.12
SST	mg/L	85.0	50.0	40.0	30.0
T°	°C	22.50	22.5	22.7.0	23.0
O.D	mg/L	6.8	3.0	2.0	1.0
D.B.O	mg/L	135.0	102.0	72.0	45.0
D.Q.O	mg/l.	365.0	260.0	242.0	200.0

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES S.A.S.


Iny. Samuel Lopez Chavez
CIP N° 249674
TITULAR GERENTE



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

INFORME DE ENSAYO N° 033-2014/ANAQUIMICOS/CC

SOLICITANTE : Nayti Vanessa Tuesta Flores
PUNTO DE MUESTREO : X 0278457 / Y 9329632 UTM
MUESTRA : Efluente de Piscigranjas (Sistema Continuo)
FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 06-11-2014.
HORA TOMA DE MUESTRA : 15:40 / 15:45 / 15:50 / 15:55
MUESTREADO : Por el Solicitante.
FECHA DE EMISIÓN : 13-11-2014

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS			
		REACTOR (01)	REACTOR (02)	REACTOR (03)	REACTOR (04)
Turbiedad	UNT	28.0	22.0	18.0	10.0
pH	Potencial de Hidrógeno	6.82	6.90	7.10	7.15
SST	mg/L	100.0	57.0	44.0	33.2
T°	°C	22.70	22.7	22.8	22.8
O.D	mg/L	6.0	3.0	2.0	1.0
D.B.O	mg/L	119.0	92.0	88.0	57.0
D.Q.O	mg/l.	368.0	297.0	272.0	245.0

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES S.R.L.

[Firma]
 Ing. Samuel López Chávez
 CIP. N° 340674
 TITULAR GERENTE